

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto
Puunjalostustekniikan laitos

Tarja Kyllönen

**KARHEUDEN JA KIILLON VÄLISET
RIIPPUVUUDET PAPERISSA JA PAINOJÄLJESSÄ**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 13.12.1989.

Työn valvoja: apulaisprofessori Pirkko Oittinen
Työn ohjaaja: FM Hannele Järvinen

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Puunjalostustekniikan laitos
Kirjasto

61 LAINAKSI

ALKUSANAT

Tämä Teknillisen korkeakoulun Puunjalostustekniikan laitoksen Graafisen tekniikan diplomityö on tehty Keskuslaboratorio Oy:n toimeksiannosta. Työn valvojana on Teknillisen korkeakoulun puolesta toiminut apulaisprofessori Pirkko Oittinen ja työn ohjaajana FM Hannele Järvinen Keskuslaboratorio Oy:stä. Heille molemmille haluan esittää lämpimät kiitokseni saamistani lukuisista neuvoista ja ohjeista. Lisäksi haluan kiittää Keskuslaboratorion henkilökuntaa saamistani avusta kokeellisen osan painatuksissa ja mittauksissa.

Aria haluan kiittää saamistani tuesta ja pitkämielisyydestä.

Espoossa 13.12.1989

Tarja Kyllönen

Tekijä ja työn nimi :

Tarja Kyllönen

Karheuden ja kiillon väliset riippuvuudet paperissa ja painojäljessä

Päivämäärä : 13.12.1989**Sivumäärä :** 85**Osasto :** Prosessi- ja materiaalitekniikan osasto
Puunjalostustekniikan laitos**Professori :** AUT-75
Graafinen tekniikka**Työn valvoja :**

Apulaisprofessori Pirkko Oittinen

Työn ohjaaja :

FM Hannele Järvinen

Diplomityön tavoitteena oli selvittää karheuden ja kiillon välisiä riippuvuuksia paperissa ja painojäljessä sekä pinnan karheusprofiilin täyttymistä painovärillä. Kirjallisuusosassa tarkasteltiin kiillon teoreettista taustaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä.

Kokeellisessa osassa selvitettiin karheus- ja kiiltomittauksin pinnan karheuden ja kiillon muuttumista painovärin vaikutuksesta erilaisilla päällystetyypeillä. Mukana tutkimuksissa oli 9 pigmenttipäällystettä, joilla tarkasteltiin päällystepigmentin partikkelikoon, -muodon ja pakkautumistavan vaikutusta, 3 sideainepäällystettä, joilla selvitettiin sideainetyypin ja -määrän vaikutusta sekä 3 seospigmenttipäällystettä, joilla tutkittiin pakkautumisen vaikutusta karheus- ja kiiltoarvoihin. Päällystyskokeet suoritettiin KCL:n päällystyskoneella, samoilla pastoilla päällystettiin myös muovikalvoa laboratorio-olosuhteissa. Tarkasteluun otettiin mukaan sekä kalanteroitettuja kalanteroitettomat paperit. Lisäksi tutkittiin koepainovärien, joissa pigmentin partikkelikokoa ja pigmentti/sideainesuhdetta oli vaihdeltu, vaikutusta painojäljen kiillonmuodostukseen.

Kokeellisessa osassa todettiin, että käyttämällä hienojakoista ja levymäistä päällystepigmenttiä saavutettiin silein päällyste ja korkein painamattoman pinnan kiilto. Myös painettu pinta oli näillä näytteillä silein. Sen sijaan painojäljen absoluuttinen kiiltotaso jäi alhaisemmaksi kuin partikkelikooltaan suuremmilla levymäisillä pigmenttilaaduilla. Painojäljen kiiltotasoon ei siis voitu vaikuttaa suoraan paperin kiiltoa nostamalla. Sideainemäärän nostaminen laski karheus- ja kiiltoarvoja. Karheusmittaukset eivät erottaneet karheusprofiilin täyttymistä painovärillä. Kiiltomittauksissa painovärin vaikutus näkyi kiiltotason kasvamisena etenkin karheimmilla päällysteillä. Karheusmittausmenetelmistä painamattoman pinnan kiillon kanssa korreloi parhaiten karheustilavuus suulakelevitysmenetelmällä määritettynä ja painojäljen kiillon kanssa PPS-karheus.

SISÄLLYSLUETTELO

KIRJALLISUUSOSA

1. JOHDANTO	1
2. PINTAHEIJASTUS JA KIILTO	2
2.1 Teoreettinen tausta	3
2.2 Pintaheijastuksen vaikutus tummuudenmuodostukseen	4
3. KARHEUS JA KIILTO	6
3.1 Karheuden luonnehtiminen	6
3.2 Karheusprofiili ja sen tunnusluvut	7
4. PÄÄLLYSTETYN PAPERIN KIILTOON VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ	9
4.1 Päällystepigmentti	9
4.2 Sideaineen vaikutus	11
4.3 Pigmenttipäällysteen tunkeutuminen ja päällystemäärä	13
4.4 Päällystystapahtuma	13
4.5 Kalanterointi	14
5. PAINOVÄRIN VAIKUTUS KIILTOON	15
5.1 Painovärin luonnehtiminen	15
5.2 Painovärin pigmentti	16
5.3 Sideaineen ja liuottimen vaikutus kiillonmuodostukseen	18
5.4 Painovärin asettumisen ja kuivumisen vaikutus kiiltoon	19
6. PAINOJÄLJEN KIILTO	21
6.1 Karheustilavuuden peittyminen painovärillä	21
6.2 Painojäljen kiiltoon vaikuttavat tekijät eri tyyppisillä papereilla	22
7. VISUAALINEN KIILTOVAIKUTELMA	23

KOKEELLINEN OSA

8. JOHDANTO	25
9. TYÖN TAVOITE JA RAJAUS	25
10. KOKEELLISESSA OSASSA KÄYTETYT MATERIAALIT	26
10.1 Päällystepigmentit	26
10.2 Sideaineet	27
10.3 Pastareseptit	27
10.4 Painovärit	29
10.5 Pohjapaperit ja koepainovärien alustat	30
11. KOKEIDEN SUORITUS	31
11.1 Näytteiden päällystys	31
11.2 Näytteiden kalanterointi	31
11.3 IGT-painatus	31
12. KÄYTETYT MITTAUSMENETELMÄT	32
12.1 Karheusmittaukset	32
12.1.1 Bendtsen-karheus	32
12.1.2 PPS-karheus	32
12.1.3 Karheustilavuus suulakelevitysmenetelmällä määritettynä	33
12.1.4 Profiilikarheusmittaus	33
12.1.5 Mitutoyo-surf-test pinnankarheusmittaus	35
12.1.6 Pinnan karheuden mittaus kuva-analysaattorilla	36
12.2 Kiiltomittausmenetelmät	37
12.2.1 Hunter-kiiltomittaus	37
12.2.2 Goniofotometrikiiltomittaus	37
12.2.3 Mikrokiiltomittaus	38
12.3 Paperitekniset määritykset	39
12.4 Painoväreistä tehdyt määritykset	39
13. MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	40
13.1 Tulokset paperiteknisistä määrityksistä	40
13.2 Tulokset karheusmäärityksistä	41

13.2.1	Bendtsen-karheus	42
13.2.2	PPS-karheudet	45
13.2.3	Karheustilavuudet suulakelevitysmenetelmällä määritettynä	47
13.2.4	Profiilimittaustulokset	49
13.2.5	Mitutoyo-karheusmittauksen tulokset	50
13.2.6	Optinen karheusmittaus	54
13.2.7	Karheusmittausten vertailua	55
13.3	Tulokset kiiltomittauksista	57
13.3.1	Hunter-kiilto	57
13.3.2	Kiilto goniofotometrilla	66
13.3.3	Mikrokiillot	73
13.3.4	Kiiltomittausten vertailua	75
13.4	Kalanteroinnin vaikutus karheus- ja kiiltoarvoihin	76
13.5	Koepainoväleistä tehtyjen määritysten tulokset	77
13.6	Tulosten luotettavuuden arviointia	79
13.7	Yhteenveto karheus- ja kiiltomittauksista	79
14.	KARHEUDEN JA KIILLON VÄLISET YHTEYDET	81
15.	JOHTOPÄÄTÖKSET	84

LÄHDELUETTELO LIITTEET

KIRJALLISUUSOSA

1. JOHDANTO

Paperin kiilto vaikuttaa sekä painokuvan erotuskykyyn että sävyrikkauteen. Kuvakiillon avulla kasvatetaan painoväriin tummuusvaikutelmaa. Ilman kiiltoa kuvan maksimitummuus olisi noin 1,4 D. Kiillon avulla on mahdollista saavuttaa 2,0 D densiteettilukemia. Kiillon on katsottu antavan painotuotteelle edullisen ulkonäön ja etenkin mainospainotuotteissa kiillon merkitys on entisestään korostunut. Korkea kiilto ei ole kuitenkaan tekstin luettavuuden kannalta toivottava asia. Edellä mainittujen seikkojen takia kiiltoa on tutkittu viime aikoina varsin runsaasti.

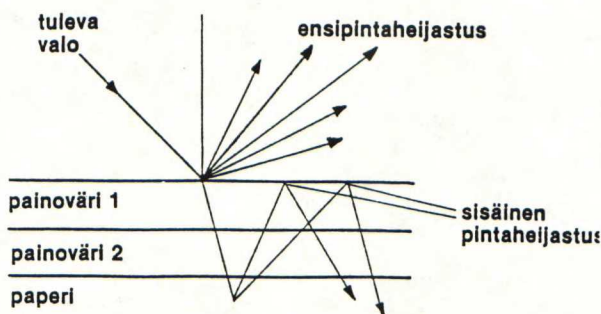
Tämä työ tehdään Oy Keskuslaboratorion toimeksiannosta ja tarkoituksena on selvittää, mitkä tekijät paperin päällysteessä sekä osin painoväriässä vaikuttavat painokiiltoon ja miten painoväri peittää karheusprofiilia.

Osa karheutta aiheuttavista tekijöistä on yhteydessä käytettyihin materiaaleihin, osa määräytyy prosessin toiminnan perusteella. Prosessin toimintaa samoin kuin painoväriin asettumista koskevat tekijät on rajattu tämän työn kokeellisen osan ulkopuolelle. Lisäksi teoriaosassa on rajoitettu käsittelemään kiillonmuodostumista lähinnä teräpäällystyksen ja offsetpainomenetelmän osalta.

2. PINTAHEIJASTUS JA KIILTO

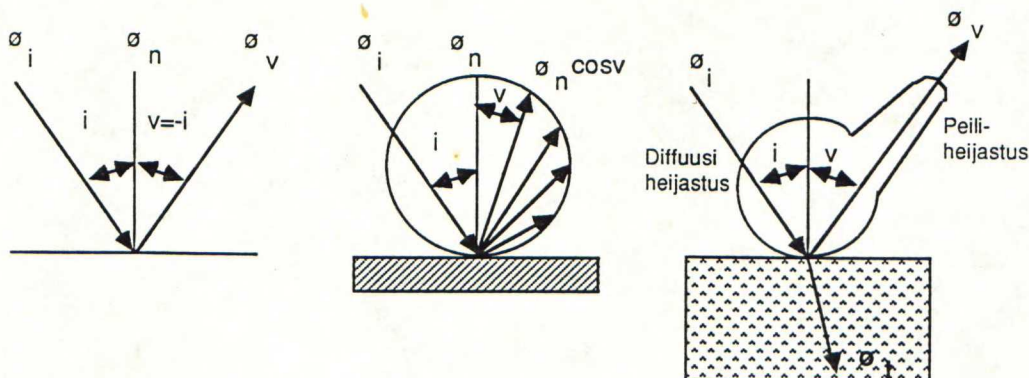
Valon edetessä materiaalissa ja kohdatessa optisesti erilaisen aineen rajapinnan, osa valosta heijastuu ja osa taittuu toisen materiaalin sisään /1/. Valon osuessa painojäljen pintaan tapahtuu ensipintaheijastus ilman ja painojäljen rajapinnalta. Osa valosta taittuu painovärikerrokseen, johon sitä absorboituu ja siroaa. Tultuaan painovärikerroksen läpi paperiin valo diffundoituu sivusuuntaan ja erilaisten sirontailmiöiden kautta heijastuu takaisin. Pieni osa valosta absorboituu myös paperiin /kuva 1/.

Painoväriin ja paperin taitekertoimet ovat yleensä lähes yhtä suuria, jolloin painovärikerroksen ja paperin rajapinnalla ei tapahdu rajapintaheijastusta, vaan paperin heijastus tapahtuu sen sisältä /2/. Heijastuneen ja taittuneen valon osuuksien suuruus riippuu materiaalin taitekertoimesta ja valon tulokulmasta /3,4/.



Kuva 1. Pintaheijastukset painojäljestä /2/.

Kiillolla ymmärretään yleensä näytteestä peiliheijastussuunnassa heijastuneen valon intensiteettiä verrattuna standardin heijastuksen intensiteettiin /4/. Mitattu heijastus koostuu pinnan todellisesta peiliheijastuskomponentista sekä pinnasta ja näytteen sisältä hajaheijastuneesta valosta. Jos pinta olisi täysin sileä ja taitekerroimeltaan ideaalista peilipintaa vastaava, heijastuisi tuleva valo kokonaisuudessaan peiliheijastuskulmaan /kuva 2a/. Jos pinta olisi täysin matta, heijastaisi se valoa kaikkiin suuntiin yhtä paljon /kuva 2b/. Todellisilla pinnoilla yhdistyvät sekä peiliheijastuskomponentti että diffuusi heijastus /2c/. Jos taitekerroin ei ole voimassa, pinta, jonka taitekerroin on suurempi, antaa karheuteensa nähden suurempia kiiltolukemia.



a.

b.

c.

Kuva 2a. Peiliheijastava pinta /4/.
 2b. Diffuusi heijastus matalalta pinnalta /4/.
 2c. Peiliheijastuskomponentti ja diffuusi heijastus /6/.

Peiliheijastuneen valon intensiteetti on diffuusin valon intensiteettiin nähden sitä suurempi, mitä sileämpi pinta on ja mitä pienempi osa pinnalle lankeavasta valosta tunkeutuu paperin sisään. Paperin sisään tunkeutuvan valon osuus pienenee valon tulokulman kasvaessa /4,5,6/.

2.1 Teoreettinen tausta

Barka'n klassisen analyysin mukaan pinta koostuu pienistä pinta-alkioista, jotka voivat olla joko eri kulmissa tasoon nähden sijaitsevia peilimäisiä tai karheita pinta-alkioita /7/.

Peilimäiset alkiot heijastavat valoa Fresnell'n heijastuslakien mukaan, kun taas karheat alkiot heijastavat valoa diffuusisti. Diffuusia heijastusta voivat aiheuttaa myös peilimäiset alkiot silloin, kun ne eivät ole pinnan tason suuntaisia /6,7/. Suuret alkiot orientoituvat pinnan suuntaisiksi helpommin kuin pienet alkiot. Pienillä levymäisillä pinta-alkioilla on enemmän valoa sirottavia reunoja kuin isoilla partikkeleilla /8/.

Fresnell'n teorian mukaan optisesti sileän pinnan peiliheijastus on riippuvainen pinnan taitekertoimesta ja valon tulokulmasta /9,10/:

$$R_{\parallel} = \left[\frac{\cos i - \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \sin^2 i}}{\cos i + \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \sin^2 i}} \right]^2 \quad (1)$$

$$R_{\perp} = \left[\frac{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cos i - \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \sin^2 i}}{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cos i + \sqrt{\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 - \sin^2 i}} \right]^2 \quad (2)$$

missä

R_{\parallel} = polarisoituneen valon heijastus säteen suunnassa

R_{\perp} = polarisoituneen valon heijastus säteen suhteen kohtisuorassa suunnassa

i = valaisukulma

n_1 = ilman taitekerroin

n_2 = pinnan taitekerroin

Polarisoimattomalle valolle heijastus R_t on heijastusten R_{\parallel} ja R_{\perp} keskiarvo /10/:

$$R_t = (R_{\parallel} + R_{\perp}) / 2 \quad (3)$$

Chindamayandam on osoittanut, että karheilla pinnoilla peiliheijastus riippuu valon tulokulmasta ja valon aallonpituudesta sekä pinnan karheudesta /11/:

$$\frac{I}{I_0} = f(n, i) \exp -((4\pi\sigma \cos i)/\lambda)^2 \quad (4)$$

jossa I ja I_0 ovat peiliheijastuneen valon ja tulevan valon intensiteetit,
 $F(n, i)$ on Fresnel'n peiliheijastusvakio, joka on taitekertoimen n
ja valon tulokulman i funktio,
 σ on pinnan karheuden standardipoikkeama ja
 λ on tulevan valon aallonpituus.

Bennett-Porteus -yhtälössä on otettu huomioon myös diffuusin valon vaikutus ja pintaheijastus esitetään seuraavasti /12/:

$$R = R_0 e^{\left(\frac{(4\pi\sigma)^2}{\lambda^2}\right)} + R_0 \frac{2^5 \pi^4}{m^2} \left(\frac{\sigma}{\lambda}\right)^4 (\Delta\theta)^2 \quad (5)$$

jossa R on pintaheijastus tutkittavalta pinnalta,
 R_0 on ideaalisen sileän pinnan heijastus,
 m on keskimääräinen profiilin jyrkkyys,
 $\Delta\theta$ on käytetty apertuurikulma,
 λ on tulevan valon aallonpituus ja
 σ on pinnan karheus.

Yhtälön alkuosa kuvaa peiliheijastuskomponenttia ja loppuosassa diffuusin heijastuksen vaikutusta.

Torrence on esittänyt heijastusyhtälön, joka ottaa huomioon myös mittalaitteen valaistusolosuhteet /13/:

$$\frac{R}{R_0} = e^{\left(\frac{4\pi\sigma \cos \theta}{\lambda}\right)^2} + \frac{2^5 \pi^3 (\sigma)^4}{m^2 \lambda} \cos^3 \theta \Delta \omega \quad (6)$$

jossa θ on mittauskulma ja

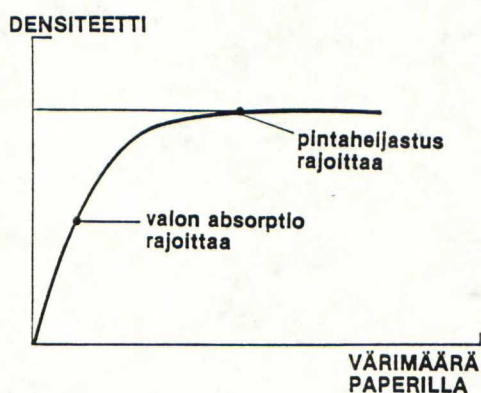
$\Delta \omega$ on valaisun kenttäkulma.

Sileistä peilimäisistä pinta-alkioista heijastunut valo voidaan erotella diffuusisti heijastuneesta valosta käyttämällä polarisoitunutta valoa. On oletettu, että peiliheijastuessaan valon polarisaatioaste ei muutu mutta diffuusin heijastuskomponentin polaarisuus häviää /7/.

2.2 Pintaheijastuksen vaikutus tummuudenmuodostukseen

Pintaheijastus säätelee yhdessä painovärin valonabsorptiokyvyn kanssa densiteetin muodostusta täyspeitteisillä pinnoilla /13/. Pintaheijastus painojäljen yläpinnalla muodostaa pintaheijastusjakauman. Kiiltotasosta riippuen osa pintaheijastuneesta valosta osuu densiteettimittauksissa detektoriin. Valo lisää kokonaisheijastuksen määrää ja pienentää täten saavutettavissa olevaa densiteettitasoa /13,14/.

Pintaheijastuksen vaikutus densiteettiin on lineaarinen pienillä värimäärillä. Värimäärän kasvaessa pintaheijastus alkaa rajoittaa tummuustasoa yhä enemmän, sillä pintaheijastuksen osuus kokonaisheijastuksesta kasvaa. Näin densiteetille muodostuu kyllästystaso /kuva 3/.



Kuva 3. Pintaheijastuksen vaikutus täyspeitteisen pinnan densiteetin muodostumiseen /2/.

3. KARHEUS JA KIILTO

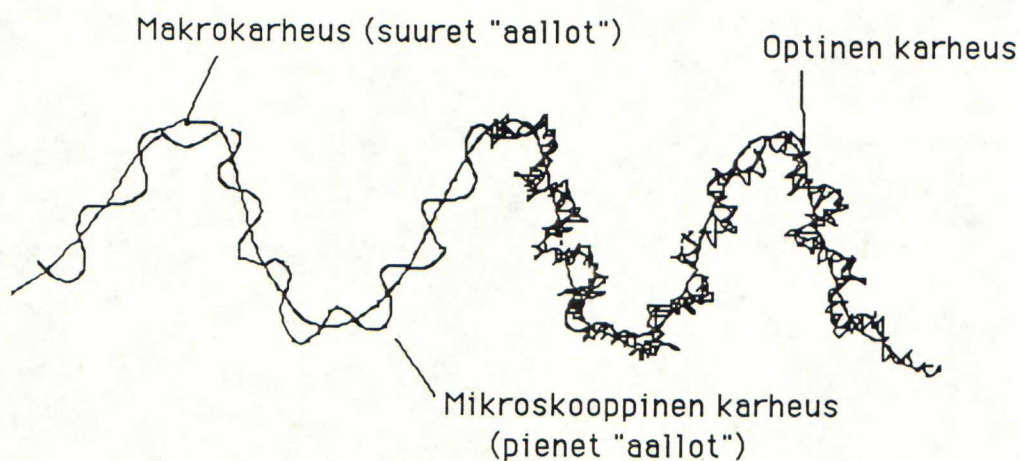
3.1 Karheuden luonnehtiminen

Pinnan karheus on yleensä jaettu joko kahteen tai kolmeen komponenttiin karheuden luonteen ja aallonpituuden perusteella.

Gaten mukaan /15/ paperin pinnan karheus koostuu mikroskooppisesta ja makroskooppisesta karheudesta. Mikrokarheuden aallonpituus on $0.1 - 4 \mu\text{m}$. Siihen vaikuttavat päällysteessä pigmenttipartikkelit, paperin pinnan huokoset ja sideaine. Mikrokarheus määrää rajan suurimmalle mahdolliselle kiillolle, joka saavutettaisiin päällystettäessä täysin sileää pohjapaperia /15/.

Päällystettäessä karheaa ja huokoista pohjapaperia vaikuttaa kiillonmuodostukseen myös makrokarheus. Paperin pinnan makrokarheus kuvaa päällysteen kykyä peittää pohjapaperin karheutta. Makrokarheuden aallonpituus on pohjapaperin kuitujen suuruusluokkaa vaihdellen viidestä kymmeneen mikrometriin. Pienillä päällystemäärillä ($< 10 \text{ g/m}^2$) makrokarheus on merkittävä tekijä kiillonmuodostumisessa /15/.

Oittinen jakaa karheuden kolmeen komponenttiin: makroskooppiseen, mikroskooppiseen ja optiseen karheuteen /13/. Näistä makroskooppinen karheus vaikuttaa lähinnä kiillon tasaisuuteen, kun taas optinen ja mikroskooppinen karheus kiillon tasoon. Makroskooppisen, mikroskooppisen ja optisen karheuden suuruusluokkaa on havainnollistettu kuvassa 4.



Kuva 4. Eri suuruusluokan karheudet.

Mikrokarheus on karheutta, joka aiheuttaa valon heijastumista eri suuntiin geometrisen optiikan lakien perusteella /4/. Tällöin karheuden aallonpituus on suuri verrattuna valon aallonpituuteen (1-100 μm) /13/. Paperin päällysteessä mikrokarheus on peräisin partikkeleiden pakkautumisesta ja flokkuloitumisesta. Siihen vaikuttavat lisäksi kuitukarheus ja kuitukoko /16/. Painoväriin aiheuttama mikroskooppinen karheus voi johtua painoväriin huonosta dispergoinnista, alhaisesta sideainepitoisuudesta tai sideaineen absorboitumisesta paperiin /4,16,17/.

Optinen karheus aiheuttaa valon diffraktiota /7/. Karheuden aallonpituus on samaa suuruusluokkaa kuin valon aallonpituus eli noin 0.1-1 μm /13/. Paperissa optiseen karheuteen vaikuttaa pinnan partikkeleiden koko, muoto ja pakkautuminen /16/. Sideaine vaikuttaa myös päällystekerroksessa optiseen karheuteen.

Rayleighin kriteerin mukaan pinta on määritelty optisesti karheaksi silloin, kun pinnan epätasaisuuksien korkeus (h) toteuttaa yhtälön /9,19/:

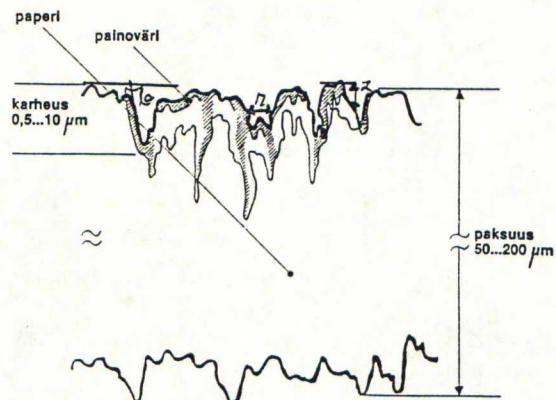
$$h > \frac{\lambda}{8 \cos i} \quad (7)$$

missä λ on valon aallonpituus ja
 i on valon tulokulma.

3.2 Karheusprofiili ja sen tunnusluvut

Pinnan karheusprofiili muodostuu kolmesta eri osatekijästä /kuva 5/:

- * profiilin syvyys (z)
- * pinnan epätasaisuuksien leveys (r) ja
- * profiilin kaltevuus (b).



Kuva 5. Pinnan karheusprofiili ja sitä kuvaavat suureet /13/.

Profiilin yhteisjakauma $p(r, z_0, z)$ ilmoittaa todennäköisyysjakauman sille, että kaksi pinnan pistettä, joiden etäisyys on r ovat syvyydellä z_0 ja z .

Tästä jakaumasta voidaan laskea tunnuslukuja profiilin eri ominaisuuksille. Tärkein pintaheijastukseen vaikuttava karheusprofiilin ominaisuus on profiilin rms^2 -arvo:

$$\text{rms}^2 = \int (z-z)^2 p(z) dz \quad (8)$$

jossa $p(z)$ on profiilin syvyysjakauma:

$$p(z) = \int \int p(r, z_0, z) dr dz_0 \quad (9)$$

ja z on keskisyvyys:

$$z = \int z p(z) dz \quad (10)$$

Karheustilavuus V saadaan edellisistä seuraavasti:

$$V = \int z^3 p(z) dz \quad (11)$$

Epätasaisuuksien leveysjakauma voidaan laskea kaavalla:

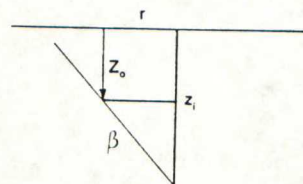
$$p(r) = \int p(z_0 = z, z) dz \quad (12)$$

Kaltevuuskulmajakauma saadaan seuraavasti:

$$p(\tan \beta) = \int \int p(r, z_0 = z - \tan \beta, z) dr dz \quad (13)$$

missä

$$\tan \beta = \frac{z_1 - z_0}{r} \quad \text{ja} \quad z_0 = z - r \tan \beta$$



Pinnan autokorrelaatiofunktio $A(r)$ kuvaa etäisyydellä (r) toisistaan olevien pinnan pisteiden keskinäistä korrelaatiota /13,20/:

$$A(r) = \int \int z_0 z_p(r, z_0, z) dz_0 dz - z^2 \quad (14)$$

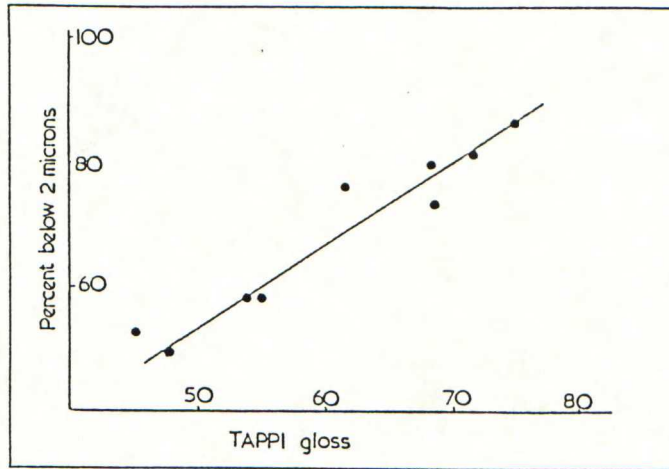
Kun pinnan autokorrelaatiofunktioista otetaan Fourier-muunnos, saadaan tehospektri, josta selviää pinnan karheuden jakaantuminen erilaisiin kokoluokkiin /14,20/.

4. PÄÄLLYSTETYN PAPERIN KIILTOON VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Paperin kiilto on paperin pinnan ominaisuus. Päällysteen peittokyky ja rakenteelliset ominaisuudet ovat seurausta päällysteen ja pohjapaperin välisistä vuorovaikutuksista mukaanlukien päällysteen koostumuksen, pigmentin partikkelikoon ja -muotojakauman, reologian, päällystysmenetelmän ja kuivausolosuhteet. Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi päällystetyn paperin kiiltoon vaikuttavat pohjapaperi, päällysteen määrä ja jälkikäsittelytapa.

4.1 Päällystepigmentti

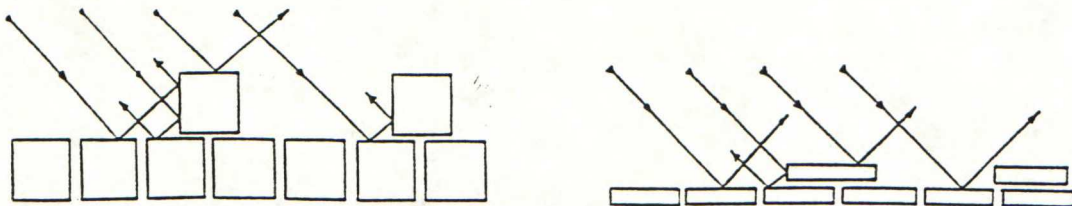
Pigmentin hiukkaskoon pienentäminen lisää paperin kiiltoa /kuva 6/. Suuria päällystetyn paperin kiiltoarvoja ($> 75\%$) voidaan saavuttaa silloin, kuin karheuden keskimääräinen koko on $< 0,1 \mu\text{m}$. Päällystekaoliinin paksuus on n. $0,1 \mu\text{m}$. Täten kaoliinipartikkeleiden orientoituessa kalanteroitaessa pinnan suuntaisiksi, tulee niiden paksuus merkittäväksi dimensioksi. Mitä hienojakoisempaa pigmenttiä käytetään, sitä enemmän myös pieniä huokosia muodostuu päällysteeseen. Hyvin pieni pigmentin hiukkaskoko voi aiheuttaa sideainemäärän lisäämisen tarvetta, joka voi puolestaan laskea kiiltoa/15, 21,22, 23,24/.



Kuva 6. Pigmentin hiukkaskoon vaikutus kiiltoon /23/.

Jos pigmentin kokojakauma on leveä ja pienet hiukkaset mahtuvat suurempien lomiin saadaan rakenteeltaan tiivis päällyste. Ilmavin rakenne saadaan käyttäessä samankokoisia pigmenttipartikkeleita. Tämä on täysin mahdollista vain synteettisesti valmistetuilla pigmenteillä (esim. muovipigmentit). Tähän suuntaan voidaan kuitenkin päästä kaventamalla pigmentin partikkelikokojakaumaa. Kapeampi kokojakauma voidaan saada aikaan poistamalla hienoimpia fraktioita. Tällöin päällysteellä on hyvä peittokyky /24,26/.

Levymäinen partikkelimuoto on edullinen kiillonmuodostukselle. Levymäisten partikkeleiden pilkkominen eli delaminoiminen lisää edelleen kiiltoa /24,25/. Pigmenttipartikkeleiden muotoa voidaan luonnehtia ns. muototekijäluvulla, joka ilmoittaa pigmenttipartikkelin halkaisijan ja paksuuden suhteen. Jos muototekijä on hyvin pieni, esiintyy päällystetyssä pinnassa suuria "portaita" ja kiiltotaso jää alhaiseksi /kuva 7/. Levymäisempi pigmentti johtaa lyhyempään valon kulkuun absorboivassa väliaineessa, jolloin valon intensiteetin lasku on pienempi kuin paksummalla partikkelilla. Levymäinen hiukkasmuoto tarjoaa myös useampia heijastavia pintoja kuin kuutiomainen partikkeli /27/.



Kuva 7. "Portaiden" muodostuminen päällysteen pinnalle /27/.

Pigmentin muoto vaikuttaa niiden pakkaustiheyteen. Esimerkiksi palloja ei voida pakata kovin moneen eri tiheyteen. Suorakaiteen muotoiset partikkelit voivat muodostaa joko tiivistä tai avointa pintaa riippuen pakkaustiheydestä. Ns. isometrisiä eli pyöreähköjä partikkeleita voidaan käyttää yhdessä levymäisten partikkeleiden kanssa, jolloin päällysteseen pinnasta muodostuu avoimempi. Isometristen partikkeleiden lisääminen levymäisten partikkelien joukkoon laskee kiiltotasoa /21,24,26/.

Mikrohuokoisuus on yksi tärkeimmistä offset-papereiden kiiltoon vaikuttavista tekijöistä. Se vaikuttaa sekä painojäljen kiiltoon että kiillon tasaisuuteen. Mikrohuokoisuuden on oletettu pienenevän pigmentin pakkaustiheyden kasvaessa. Karkea ja pigmenttikokojakaumaltaan kapea levymäinen pigmentti antaa yhtä pigmenttiä sisältävistä päällysteistä parhaan mikrohuokoisuuden. Päällysteen huokoisuutta voidaan lisätä käyttämällä pääpigmentin kanssa lisäpigmenttiä, jolla on erilainen ominaispaino tai joka käyttäytyy fysikaalisesti tai kemiallisesti eri tavoin kuin pääpigmentti. On myös mahdollista flokkuloida pigmenttiä sopivilla polymeereillä /26,28,29/.

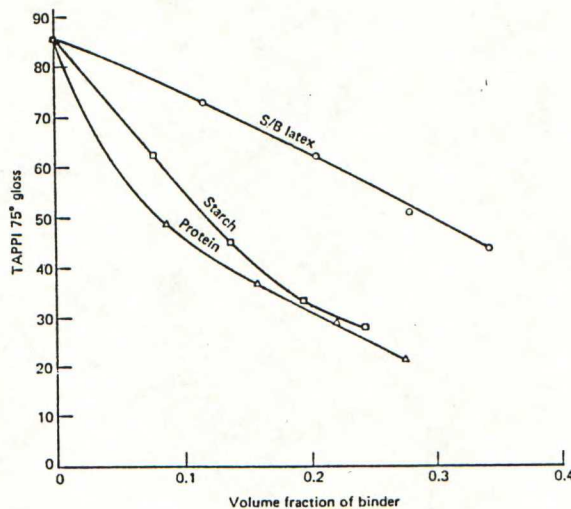
Pigmenttien modifioinnin tarkoituksena on saada painoväriin liuotin absorboitumaan nopeasti paperiin. Tällöin painoväriin tunkeutuminen jää vähäisemmäksi eikä päällysteen huokoisuus juuri vaikuta painatustulokseen. Painoväriin kulutus laskee, painokiilto paranee ja on mahdollista käyttää ohuempia päällysteitä ja papereita /30/. Pigmenttejä modifioitaessa pigmenttiseokseen lisätään kvartääristä ammoniumyhdistettä, jolloin reaktiivinen kompleksi saostuu pigmentin pinnalle. Pigmenttiliuos muuttuu näin ollen hydrofobisemmaksi ja kationiseksi. Reaktiivisena anionina voi olla Na-bentoniittitärkkelys tai CMC /30,31/. Menetelmän on todettu soveltuvan erilaisille pigmenteille. Sideaineena toimii hyvin PVA joko yksinään tai SB-lateksin kanssa. Reaktiivisella kompleksilla käsitelty kaoliini on n. 1.6-2 kertaa kalliimpaa kuin normaali kaoliini. Sideaineen tarve on kuitenkin vähäisempi kuin tavallisesti ja päällysteen määrää voidaan pienentää painatustulosten siitä kärsimättä /31/.

4.2 Sideaineen vaikutus päällysteen karheuteen ja kiiltoon

Sideaineen päätehtävä on sitoa pigmenttipartikkelit toisiinsa ja pohjapaperiin mutta sillä on merkitystä myös kiillonmuodostuksen kannalta. Käytettävät sideainemäärät vaihtelevat sideaineesta ja sovellutuksesta riippuen 5-25 % pigmentin määrästä laskettuna /22,24/.

Sideaineet voidaan jakaa liukeneviin sideaineisiin (tärkkelys, CMC, PVA) ja dispersioihin eli latekseihin. Liukoiset sideaineet pohjautuvat usein luonnontuotteisiin, jotka on jalostettu eri tavoin. PVA on liukoisista sideaineista täysin synteettinen. Synteettiset lateksit ovat polymeeridispersioita, joissa väliaineena on vesi. Polymeerit koostuvat monomeereistä, jotka vaikuttavat lateksin ominaisuuksiin. Eniten käytettyjä sideaineita ovat SB-lateksi ja PVAc-lateksi /24,32/.

Sideaineen määrä on tärkeä sekä paperin että painojäljen kiillon kannalta. Liian suuri sideainemäärä alentaa paperin ja painojäljen kiiltoa /kuva 8/. Joissakin tapauksissa sideainemäärän lisäys voi olla hyödyksi painojäljen kiillolle, sillä sideainemäärä vähentää painovärin tunkeutumista paperiin /24,33,34/.



Kuva 8. Sideainemäärän vaikutus kiiltoon /24/.

Lee on osoittanut /11/, että paperin päällysteen kiiltoon vaikuttaa niillä sideaineilla, jotka muodostavat sideainekalvon, tämän kutistuminen kuivatuksen aikana. Mitä vähemmän kutistumista tapahtuu, sitä sileämmäksi pinta muodostuu. Turpoavat sideaineet kutistuvat enemmän. Näin ollen esimerkiksi sellaiset lateksit, jotka eivät muodosta sideainekalvoa, tuottavat korkeakiiltoisia päällysteitä ja vastaavasti turpoavat luonnon sideaineet saattavat laskea kiiltotasoa. Se, kuinka paljon sideaineiden kalvonmuodostus vetää pigmenttipartikkeleita kasaan ja vaikuttaa päällysteen rakenteeseen riippuu dispersiosideaineiden määrästä, kalvonmuodostuslämpötilasta sekä kuivatuksessa vallitsevasta lämpötilasta.

Kuivumisen aikana voimakkaasti kutistuvilla sideaineilla on mahdollista saada aikaan optisesti karhea mutta mikroskooppisesti sileä paperi ilman, että käytetään suurikokoisia pigmenttipartikkeleita. Tätä voidaan käyttää hyväksi pyrittäessä saavuttamaan korkeakiil-

toinen painojälki mattapintaisella paperilla /11/. Kuivatuksen aikana tapahtuu lisäksi sideaineen vaellusta. Kuivatusta säätelemällä voidaan sideaine saada vaeltamaan hallitusti paperin pintaan, jolloin pinta tiivistyy ja painojäljen kiiltotaso nousee /35/.

4.3 Pigmenttipäällysteen tunkeutuminen ja päällystemäärä

Pohjapaperin karheuden peittymiseen vakiopäällystemäärällä vaikuttaa ratkaisevasti se, kuinka hyvin päällyste pysyy paperin pinnassa. Koska päällysteen muodostavat partikkelit ovat yleensä pienempiä kuin paperin huokosrakenteen dimensiot, tunkeutuu päällystepastaa aina jonkin verran kuituverkon sisään.

Pastan tunkeutumistaipumukseen vaikuttavat esimerkiksi pigmentin partikkelimuoto, reologia ja vesiretentio. Jotta päällyste tunkeutuisi mahdollisimman vähän pohjapaperiin, tulisi päällystepastan jähmettyä mahdollisimman nopeasti. Nopea jähmettyminen voidaan saavuttaa päällysteen korkealla kuiva-ainepitoisuudella, mutta tämän seurauksena leikkausdilatanttisuus voi nousta suureksi. Tällöin makrokarheus saattaa kasvaa, koska partikkelit eivät orientoidu tarpeeksi. Päällysteen flokkuloinnilla saavutetaan avoimempi rakenne, nopeampi kuivuminen ja korkea päällysteen bulkkisuus. Esiaggregoiduilla pigmenteilla, kuten Alphatex'illa on sama vaikutus päällysteen rakenteeseen. Mm. päällysteen terägeometrialla voidaan lisäksi vaikuttaa päällysteen pysymiseen paperin pinnalla /35,36/.

Alhaisilla päällystemäärillä, joilla ei saavuteta riittävää pohjapaperin peittokykyä, kiilto kasvaa päällystemäärän kasvaessa /38/. Kun paperin makroskooppinen karheus tietyllä päällystemäärällä peittyy, ei kiilto enää riipu päällysteen määrästä /15,38/.

4.4 Päällystystapahtuma

Todettakoon, että teräpäällystyksessä mm. sellaiset prosessimuuttujat kuten teräkulma, terän jäykkyys, virtausolot terän alla ja teräpaine vaikuttavat makroskooppiseen karheuteen ja siten myös kiiltotasoon.

Päällystepigmentin vaikutus on kuitenkin etusijalla. Kuten jo aikaisemmin todettiin pigmenttien ominaisuuksista hiukkaskoko- ja muotojakauma vaikuttavat kiillonmuodostukseen. Lisäksi pigmenttien mekaaniset ominaisuudet, orientoitumisilmiöt, pintakemialliset tekijät ja vuorovaikutukset nestemäisten komponenttien kanssa ovat merkittäviä vaikut-

taessaan viskositeettiin teräalueella. Leikkausvoimat pyrkivät suuntaamaan levymäisiä partikkeleita pinnan suuntaisiksi. Tämä taipumus kasvaa pastan kuiva-ainepitoisuuden kasvaessa, koska levymäisillä partikkeleilla on vähemmän tilaa värähdellä ideaalipositionsa ympärillä, aina dilatanttisuuden alkuun saakka, jossa turbulentti virtaus aiheuttaa epäjärjestystä. Epäjärjestystä saavat aikaan myös terän jälkeiset vedenpoisto- ja kuivatustapahtumat. Pastan virtauskäyttäytyminen teräalueella päällystysnipistä eteenpäin on myös tärkeä. Tätä kuvataan ehkä parhaiten terän ns. taivutuskulmalla paperiin nähden. Paineenalainen terä taipuu ja muotoutuu, jolloin pohjapaperin ja terän välinen kulma pienenee. Tämä kulma vaikuttaa pigmentin virtausominaisuuksiin, massansiirtymisilmiöihin ja ajettavuuteen päällystyskoneella /35,39/.

Suuret voimaimpulssit saavat päällysteen tunkeutumaan huokosiin. Vedenpoisto on pulssittaista, mikä voi aiheuttaa paperin pinnan karhentumista kuitujen turpoamis- ja relaksaatioilmiöiden takia. Suurella teräkulmalla päällystettäessä päällysteen jakautuminen pohjapaperille on tasaisempaa kuin pienillä kulmilla. Kiiltokin kasvaa teräkulman kasvaessa, jos muut tekijät pidetään vakioina. Pigmentit, joilla on suuri muototekijä ovat herkimpiä teräkulman muutoksille. Näiden pigmenttien ajettavuus on yhteydessä pigmenttien orientoitumiseen /35,39/.

4.5 Kalanterointi

Kalanteroitessa paperin pinnan karheus pienenee. Paperirainaa muokataan kohdistamalla siihen voimia, jotka voivat olla joko pinnan suuntaisia tai pintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa olevia. Konekalanteroinnissa kohtisuorat voimat ovat vallitsevia, kun taas superkalanteroinnissa on pehmeän telan ansiosta myös paljon pinnan suuntaisia voimia /40/. Voimapulssien määrään, vaikutusaikaan ja suuruuteen vaikutetaan ajonopeudella, nippiluvulla, pintamateriaaleilla, telojen halkaisijoilla ja viivakuormituksella /25,40/. Rainan plastisuuteen vaikutetaan kosteuden ja lämpötilan avulla.

Kiillon kehittyminen riippuu kalanteroinnin alussa olevasta bulkkisuudesta niin, että suuri bulkki edesauttaa kalanteroitumista. Paperin pinnan sileyden ja erityisesti kiillon kannalta on ratkaisevaa, kuinka pinnan suuntaisia levymäiset ja pitkulaiset partikkelit ovat /21/. Esimerkiksi kaoliinilevyt ovat kuin epäjärjestyksessä olevia mikropilejä, jotka heijastavat valoa diffuusisti ennen superkalanterointia. Kiillotuksessa vaikuttavien kohtisuorien ja etenkin pinnansuuntaisten voimien vaikutuksesta saadaan levyt kääntymään suunnilleen pinnan tason suuntaisiksi. Tätä edistää päällysteessä olevan sideaineen pehmeneminen /25/.

Kalanterointivoimat eivät vaikuta pieniin partikkeleihin yhtä paljon kuin hieman suurempiin partikkeleihin, eivätkä ne orientoidu samassa määrin pinnan suuntaisiksi kuin isommat partikkelit, jotka suuntautuvat jo päällysteen applikointivaiheessa pinnan suuntaisiksi. Täten kalanteroinnin suhteen on olemassa optimi pigmentin partikkelikoko /35/.

5. PAINOVÄRIN VAIKUTUS KIILTOON

Painoväriin kiilto riippuu paljon siitä, muodostaako painoväri sileän kerroksen painoalustalle ja kuinka hyvin epätasaisuudet peittyvät. Kun painoväri tunkeutuu painoalustaan kiilto laskee. Painoväriin kiiltotaso riippuu pigmentin luonteesta, sen partikkelikoosta, muodosta, pintaominaisuuksista sekä sideaineen määrästä ja sen kyvystä muodostaa tasainen jatkuva kerros painoväripigmenttihiukkasten päälle.

5.1 Painovärien luonnehtiminen

Painoväriin pääkomponentit ovat pigmentti, sideaine ja kantofaasi. Lisäksi painovärit sisältävät erilaisia lisäaineita kuten pehmittimiä, dispergointiaineita, hankauksenkeston säätöaineita jne /2/. Värien erilaisista kuivumismekanismeista johtuen eri värityypit eroavat toisistaan lähinnä liuottimien suhteen /41/.

Pigmentti on kiteinen materiaali, joka on painoväriin pienikokoisina kolloidaalisina partikkeleina /42/. Monivärisarjan painoväreissä käytetyt pigmentit ovat orgaanisia yhdisteitä. Mustana pigmenttinä käytetään nokea (hiiltä) /2/. Pigmenttien tärkeimpiä ominaisuuksia kiillon lisäksi ovat mm. korkea värivoimakkuus, kuultavuus ja hyvät kestävyysominaisuudet / 41,43/.

Sideaineet ovat amorfisia polymeerisiä yhdisteitä tai sellaiseksi kuivumisvaiheessa muuttuvia /2/. Painoväriin voi olla useita eri sideaineita painoväriin ominaisuuksien säätämiseksi halutulla tavalla. Ne ovat joko luonnonsideaineita, synteettisiä tai luonnonsideaineista modifioituja. Mm. sanomalehtiväreissä käytettävä piki on luonnonsideaine. Modifioituja luonnonsideaineita ovat esimerkiksi fenolihartsit, hiilivetyhartsit, nitroselluloosa ja alkydit. Offsetvärien sideaine koostuu yleensä sekä kiinteästä hartsista että nestemäisestä kasviöljyalosteesta / 41/. Sideaine on merkittävä tekijä painoväriin ajettavuudelle ja kuivumiselle.

Painovärin kantofaasi voi olla vesi, öljy tai liuotin. Kantofaasi muodostaa painoväridispersioon jatkuvan faasin, joka tarvitaan prosessiteknisten vaatimusten johdosta. Kantofaasi tulee tarpeettomaksi painatustapahtuman jälkeen. Offsetvärien liuottimet ovat parafiinisten, naftaleenisten ja aromaattisten hiilivetyjen seoksia, mineraaliöljyjä. Kunkin värytyypin kuivumismekanismi vaikuttaa öljytyypin valintaan /3,41/.

5.2 Painovärin pigmentti

Painovärin pigmentin partikkelikoko on yleensä alle 1 μm . Jos nämä partikkelit olisivat täysin erillään toisistaan, pigmentti olisi savumaista ainetta. Partikkelit ovat kuitenkin niin lähellä toisiaan, että ne muodostavat aggregaatteja ja agglomeraatteja, joita koheesiovoimat (Van der Waalsin voimat) pitävät kasassa /44/.

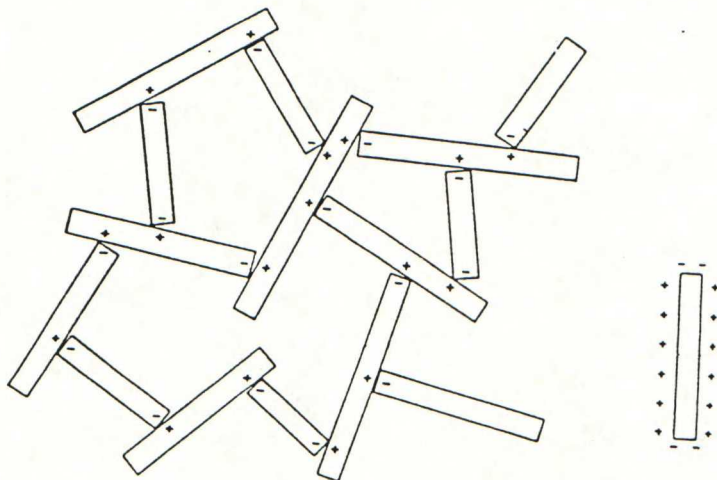
Mitä pienempi painovärin pigmentin partikkelikoko on, sitä suurempi painojäljen kiiltoa saavutetaan. Pienen partikkelikoon omaavilla pigmenteilla on suurempi taipumus agglomeroitua ja niitä on vaikeampi dispergoida. Pigmenttihiukkasten uudelleen agglomeroituminen, flokkuloituminen ja pigmentin kiteisyysasteen kasvu alentavat painovärin kiiltoa. Niinpä hienojakoinen, huonosti dispergoituva pigmentti voi johtaa paljon alhaisempaan kiiltotasoon kuin karkeajakoisempi mutta helpommin dispergoituva pigmentti /42,43,45/.

Dispergointiasteen vaikutus painovärin optisiin ominaisuuksiin ja virtauskäyttäytymiseen on suuri. Pigmenttiä dispergoitaessa pigmentin ominaispinta-ala kasvaa ja sideaineen tarve lisääntyy. Lisäksi painovärin viskositeetti nousee. Täten hyvien virtausominaisuuksien saavuttamiseksi ei ole tarpeellista eikä edes mahdollistakaan rikkoa kaikkia aggregaatteja yksittäisiksi partikkeleiksi dispergoinnin aikana vaan joudutaan tekemään kompromissi partikkelikoon suhteen /42,46/.

Pigmenttipartikkelipintojen kostuminen väliaineella on riippuvainen raaka-aineen rakenteesta, lähinnä huokostilavuudesta, väliaineen viskositeetista ja etenkin painoväripartikkeleiden pinta-ominaisuuksista. Pigmenttien pintakäsittelyllä pigmentit tehdään yleensä hydrofiiliseksi tai oikeammin lyofiiliseksi. Tämä alentaa keskinäistä jännitystä ja nopeuttaa pigmentin ja väliaineen vuorovaikutuksia. Pigmenttihiukkasten muodostamien agglomeraattien koon pienentäminen on kiillon kannalta merkittävä. Kun agglomeraatteja rikotaan, syntyy uusia kostutettavia pintoja. On hyvin tärkeää, että lisäaineet, joita painoväri sisältää, muodostavat kontaktin uusien pintojen kanssa, sillä ne

nopeuttavat kostutusta ja estävät uudelleenagglomeroitumista. Lisäaineiden tulee siten sisältää aineosia, jotka kiinnittyvät pigmenttihiukkasten pinnoille ja aineosia, jotka tunkeutuvat väliaineeseen ja voivat vaikuttaa kolloidikemialliseen käyttäytymiseen. Useimmissa tapauksissa lisäaineet koostuvat monomeerisesta ankkurista ja oligo- tai polymeerisesta ketjusta /42,46/.

Liiallista pigmenttihiukkasten agglomeroitumista pyritään estämään ns. steerisen stabiloinnin avulla eli lisäaineilla pyritään lisäämään entropisia repulsiovoimia. Steerisen stabiloinnin lisäksi agglomeroitumista pyritään estämään stabiloimalla pigmenttihiukkasten sähköisiä varauksia. Tähänkin voidaan vaikuttaa lisäaineilla. Pigmenttihiukkasilla voi olla pintoja, joista toiset ovat positiivisesti ja toiset negatiivisesti varautuneita. Tällöin esimerkiksi pitkulaiset pigmenttihiukkaset muodostavat helposti "korttitalorakenteen" elektrostaattisten vuorovaikutusten takia /kuva 9/. Stabiloinnin ansiosta tällaista geelimäistä rakennetta ei synny, mikä parantaa painovärin virtausominaisuuksia huomattavasti ja stabiloi dispersion sähköisten repulsiovoimien ansiosta. Esimerkiksi offset-painatuksessa tällaisia painovärin lisäaineita kutsutaan "hyperdispergointiaineiksi" /42/.



Kuva 9. Pigmenttihiukkasten muodostama korttitalorakenne /42/

Pigmenttien räätälöinnillä voidaan vaikuttaa painovärin kiiltotasoon. Tarkoituksena on jo pigmentin valmistusprosessin aikana eliminoida hiukkasten agglomeroituminen. Tämä voidaan pigmenttien osalta toteuttaa modifioimalla valmistusprosessia tai pintakäsittelmällä pigmenttipartikkeleita. Pyrkimyksenä on valmistaa paremmat virtausominaisuudet

ja alhaisen viskositeetin omaavia pigmenttilaatuja. Painovärien valmistuksessa voidaan käyttää esimerkiksi ns. granuloitua pigmenttiä. Granuloidun pigmentin huokostilavuus on huomattavasti suurempi kuin pulvereilla. Tämän seurauksena pigmenttigranulaateista muodostuneissa agglomeraateissa on vähemmän adheesiokohtia "jyvasten" välillä ja adheesiovoimat ovat pienempiä. Tällöin granuloitujen pigmenttien dispersioaste on parempi kuin pulverimaisilla pigmenteilla. Kun granuloidun pigmentin partikkelikoko on lisäksi pienempi ja partikkelien määrä suurempi, on saavutettava kiiltotaso korkeampi kuin pulveripigmenteilla /47,48/.

Pigmenteilla, joilla on suuri ominaispinta-ala, on suuri määrä pieniä aggregaatteja, jolloin painovärikerros muodostuu yleensä sileämmäksi kasvattaen lopputuotteen kiiltotasoa /43/.

5.3 Sideaineen ja liuottimen vaikutus kiillonmuodostukseen

Painojäljen kiilto saadaan aikaan painovärien sideaineella, jolla peitetään optisesti epätasainen pigmentti. Jos sideaine absorboituu paperiin, muodostuu painovärien yläpinta epätasaiseksi ja kiiltotaso laskee /13/. Absorboitumiseen vaikuttaa sideaineen ja pigmentin välinen affiniteetti. Jos affiniteetti ei ole riittävän suuri, sideaine ei adsorboidu pigmentin pintaan, vaan tunkeutuu paperin huokosiin sitä enemmän mitä huokoisempaa paperi on. Sideaine parantaa myös eri painovärikomponenttien yhteensopivuutta, mikä on kiillolle edullista /13,46/.

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että mitä enemmän sideainetta on suhteessa pigmenttimäärään sitä suurempi painovärien kiiltotaso on. Liian alhainen sideainemäärä alentaa kiiltotasoa, koska ohut sideainekerros seuraa pigmenttipartikkeleiden ääriviivoja aiheuttaen valon siroamista painovärikerroksen yläpinnalta. Painovärien sideainepitoisuudet voivat vaihdella suuresti. Esimerkiksi yksinkertaisimmat sanomalehtivärit eivät sisällä sideainetta juuri lainkaan, kun taas korkeakiiltoisilla painoväreillä sideaineen osuus voi olla yli puolet painovärien painosta /8,46/.

Liuotin on myös tärkeä painovärien kiiltoon vaikuttava tekijä, koska liuottimella voidaan vaikuttaa painovärien dispersioasteeseen, asettumiseen paperin pinnalle, sideainemäärään tietyllä viskositeettitasolla sekä painovärien virtausominaisuuksiin. Jos liuottimella ei ole riittäviä liuotusominaisuuksia, huononevat painovärien virtausominaisuudet ja kiilto alenee. Painovärien kuivumisella voidaan myös vaikuttaa kiiltotasoon. Liuottimet, jotka haihtuvat liian nopeasti voivat aiheuttaa virtausominaisuuksien heikkenemistä. Toisaalta

liian hidas kuivuminen painoalustalla voi aiheuttaa liian suurta tunkeutumista painoalustaan, mikä alentaa painojäljen kiiltoa /41,46/.

Lisäaineilla, kuten esimerkiksi pehmittimillä, voidaan usein nostaa painovärin kiiltotasoa. Tämä johtuu siitä, että painovärin virtausominaisuudet paranevat ja painovärikerroksesta muodostuu sileä. Vahoja käytettäessä kiiltoarvot yleensä pienenevät, sillä ne vaeltavat painovärikerroksen pinnalle ja muodostavat epätasaisen valoa sirottavan painovärikerroksen /41/.

5.4 Painovärin asettumisen ja kuivumisen vaikutus kiiltoon

Painovärin asettuminen vaikuttaa painovärikerroksen tasaisuuteen ja sileyteen. Huono painovärin peittokyky merkitsee sitä, että täyspeitteiset pinnat eivät ole peittyneet tasaisesti painovärikerroksella. Tähän vaikuttanevat painoalustan painovärin vastaanottokyky, painovärin siirtyminen painolevylle sekä painovärin virtausominaisuudet. Absorptio-ongelmat voivat johtua painoalustan luonteesta tai alempien painovärikerrosten pintaominaisuuksista /46/.

Painovärin siirtymiseen vaikuttavat monet tekijät. Painoalustan absorptiokyvyn ja sileyden lisäksi painojäljen kiiltoon vaikuttavat painovärin fysikaaliset ja kemialliset tekijät. Huono painojäljen kiilto voi olla seurausta riittämättömästä pigmentin kostutuksesta, huonosta siirtymis- ja virtauskäyttäytymisestä sekä suuresta pigmentin partikkelikoosta. Painoväripigmentin huono kostuminen väliaineella aiheuttaa valon siroamista painovärikerroksessa. Se voi myös aiheuttaa liiallista kostutusveden emulgoitumista, mikä hidastaa värinsiirtoa ja heikentää virtausominaisuuksia. Nämä ovat hyvin tärkeitä tekijöitä tasaisen painovärikerroksen syntymiselle. Erityisesti sellaiset aineet, jotka tunkeutuvat ohuen painovärikerroksen läpi käyttäytyvät valoa sirottavasti ja heikentävät kiiltoa /8,42,46/.

Mitä vähemmän painoväri absorboituu paperiin, sitä suurempi kerrospaksuus on peittämässä paperin pinnan epätasaisuuksia ja sitä korkeampi kiiltotaso saavutetaan. Painovärin absorboitumisen epätasaisuus ilmenee kiillon epätasaisuutena /18/. Painovärin tunkeutumisen paperiin saa aikaan nippipuristus ja kapillaari-imu. Painovärin tunkeutumista paperiin vastustaa painovärin viskoottinen vastus. Mitä viskoottisempi painoväri on, sitä vähemmän se tunkeutuu /13/. Painovärin absorboitumiseen paperiin painatuksen aikana

vaikuttavat sekä paperin huokoisuus että pintakemialliset tekijät. Painoväriin liiallinen tunkeutuminen paperiin lisää painoväriin kulutusta ja laskee painoväriin densiteettiä. Liian alhainen tunkeutuminen hidastaa painoväriin asettumista /16,46/.

Asettuminen perustuu offsetissa kantofaasin suotautumiseen painoväristä. On tärkeää, että värin liuotin (ohut faasi) imeytyy nopeasti ja kykenee kostuttamaan paperin pintarakennetta. Toisaalta on oleellista se, miten paperin kapillaarirakenne suodattaa kiinteitä aineita ja sideaineita (paksu faasi) /41/. Myös painoväriin reologialla on tärkeä merkitys sekä painoväriin kuivumiseen että painojäljen ominaisuuksiin. Ns. lyhyillä ja tiksotrooppisilla väreillä on paremmat siirto-ominaisuudet. Tiksotrooppisuus ja kompleksinen värin rakenne nopeuttavat värin kuivumista ja väri jää paremmin paperin pintaosaan /41,49/.

Painettaessa päällystämättömille papereille coldset-väreillä tapahtuu yleensä hyvin vähän eri faasien erottumista ja värit imeytyvät sellaisenaan paperin rakenteeseen. Tällaisten värien kuivuminen on hidasta ja set-off on sanomalehtipainatuksessa yleinen ongelma. Tästä syystä myös saavutettava kiiltotaso jää heikoksi. Päällystetyillä papereilla painovärien asettuminen on nopeampaa ja painojäljen laatu on parempi /41/. Arkkioffsetmenetelmällä painetaan useimmiten päällystetyille paperille. Painovärien ominaisuudet ovat usein hyvin spesifioituja käyttötarkoitusten ja painoalustan mukaan. Värien pinta-asettuminen on nopeaa, lopullinen kuivuminen ja ankkuroituminen perustuu sideaineiden hapettumiseen. Yleisesti ottaen hitaasti asettuvat painovärit, joilla on pitempi aika tasaantua, antavat korkeamman painojäljen kiillon /41,46/.

Heat-setvärit sisältävät paljon kuivuvia liuottimia, sillä painoväriin on kuivuttava nopeasti lämmön vaikutuksesta. Tällöin painovärikerroksen päälle polymeroituvan hartsin osuus jää pienemmäksi kuin arkkioffset-väreissä. Lämmönkäyttö alentaa lisäksi kiiltotasoa. Lämmin painoväri tunkeutuu nopeammin paperiin ja kuivatuslämpö karhentaa paperin pintaa varsinkin mekaanista massaa sisältävillä papereilla. Liian suuri kostutusveden määrä hidastaa painoväriin kuivumista. Näin painoväriin jää enemmän aikaa tunkeutua paperiin ja kiiltotaso heikkenee. Tilanne on sama, jos paperin tai kartongin kosteuspitoisuus on liian korkea /33/.

Painoväriin nopea asettuminen edellyttää paperilta riittävää kapillaari-imua ja huokostilavuutta, jotta kapillaari-imu muodostuu suuremmaksi kuin painoväriin kantofaasia pidättävä vaikutus. Asettumisen kannalta olisi siis edullista, jos paperissa olisi runsaasti pieniä huokosia /13/.

6. PAINOJÄLJEN KIILTO

Pinta on kiiltävä vain, jos se on sekä mikroskooppisesti että optisesti sileä. Painojäljen kiilto (G_p) voidaan täten esittää seuraavasti /17/:

$$G = G_p + \Delta A = (A_m + \Delta A_m)(A_o + \Delta A_o) \\ \approx G_p + \Delta A_m A_o + \Delta A_o A_m \quad (15)$$

jossa G on paperin kiilto,

A_m on mikroskooppisesti sileän pinnan suhteellinen osuus ja

A_o on optisesti sileän pinnan osuus.

Sileysmuutos ΔA voi olla seurausta joko optisen karheuden tai mikrokärheuden muutoksista. Sileysmuutos voi joko suurentaa tai pienentää kiiltoa. Mikrokärheus pienenee, kun painovärikerros loiventaa kärheusprofiilia. Painovärin halkeamiskuvio voi lisätä mikrokärheutta, samoin kuin painoväriissä oleva mikroskooppinen kärheus /17,18/. Painovärin paperin pintaa silittävä vaikutus on riippuvainen paitsi paperin sileys- ja huokoisuusrakenteesta ja painovärin ominaisuuksista myös painovärin sideaineen retentiosta värikerroksen pinnalle /51/. Ihannetapauksessa painoväri kykenee tasoittamaan paperin pintarakennetta niin paljon, että kiiltoon vaikuttaa vain painovärin oma kiilto /17,18/.

6.1 Kärheustilavuuden peittyminen painovärillä

Paperin pinnan kärheustilavuuden ollessa suuri verrattuna painovärikerroksen tilavuuteen painovärimäärä ei riitä täydellisen kontaktin syntymiseen paperin ja painovärin välillä painonipissä. Tällöin painojäljen kiillonmuodostukseen vaikuttaa ratkaisevasti paperin kärheus, eikä painovärillä voida nostaa kiiltotasoa /17/.

Kun paperin ja painovärin välille on syntynyt kontakti, vaikuttaa kiiltoon kärheustilavuuden peittyminen painovärillä, kärheusprofiilin syvyyden aleneminen ja painovärin absorboituminen sekä painovärin kiilto-ominaisuudet. Nippitapahtumassa kärheuden

vaikutusta voidaan kompensoida paperin pinnan kokoonpuristuvuudella, jolloin karheus pienenee puristuksen funktiona. Kokoonpuristuvuuden kasvaessa pinnan huokos-tilavuus yleensä pienenee, kun huokosia sulkeutuu. Koska karheustilavuus on sitä suurempi, mitä suurempi on karheuden aallonpituus, peittyy optinen karheus ensimmäiseksi värimäärää lisättäessä /50/.

6.2 Painojäljen kiiltoon vaikuttavat tekijät erityyppisillä papereilla

Päällystämättömän paperin pinta on sekä mikroskooppisesti että optisesti karhea. Varsinkin viskoottisilla painoväreillä painettaessa painoväriin ja paperin kontaktinmuodostus on epätäydellinen. Painoväri ei saa juuri aikaan pinnan mikrosileyden tai optisen sileyden paranemista ja painojäljen kiilto eroaa paperin kiillosta vain vähän /17,51/.

Mattapäällystetyillä papereilla on mikroskooppisesti sileä mutta optisesti karhea pinta. Painoväri peittää paperin pinnan ja saa aikaan kiiltävän pinnan, jos painoväriin ominaiskiilto on riittävä /17/.

Kevyesti päällystetyillä papereilla mikroskooppinen ja optinen karheus ovat pienenetneet ja painoväreillä voidaan saada aikaan suhteellisen tasainen pinta. Painatuksen kiillonmuodostus on tehokkainta juuri tällä alueella /13,51/.

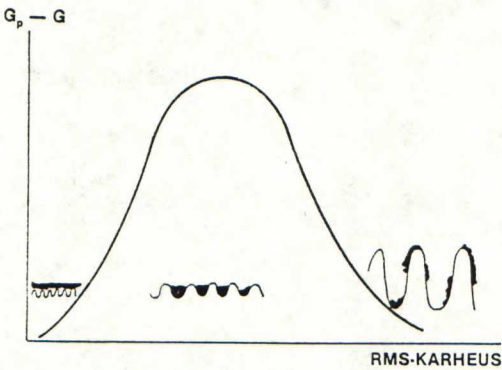
Päällystetty paperi on mikroskooppisesti ja optisesti lähes täysin sileää. Päällystetty paperi kiiltää jo valmiiksi. Tällöin painoväri ei enää voi paljoa kasvattaa kiiltoa paperin kiiltoon nähden /13,17/.

Valupäällystetyt paperit ovat hyvin sileitä, joskin melko huokoisia papereita. Painoväri voi parhaassakin tapauksessa vain säilyttää paperin alkuperäisen korkean kiiltotason /14,50/.

Taulukossa 1 on kuvattu kiillonmuodostusta erityyppisillä papereilla. Kuvassa 10 on esitetty painojäljen ja paperin kiillon erotus joillakin paperilajeilla.

Taulukko 1. Kiillonmuodostus erityyppisillä papereilla.

paperityyppi	A_m	A_0	sileyden muutos	kiillon muutos
päällystämätön	$\ll 1$	$\ll 1$	$dA_m A_0 + dA_0 A_m \ll 1$	$G_p - G \ll 1$
matta päällystetty	≤ 1	$\ll 1$	$dA_0 A_m < 1 - A_0$	$G_p = G + dA_0 A_m$
kevyesti päällystetty	< 1	< 1	$dA_0 = 1 - A_0$	$G_p = G + dA_m + (1 - A_0)A_m$
täyspääll- ystetty	$= 1$	< 1	$dA_0 = 1 - A_0$	$G_p = G + (1 - A_0)$
valu- päällystetty	1	1	$dA_0 \leq 0$	$G_p = G - dA_0 $



Kuva 10. Painojäljen ja paperin kiillon välinen erotus /13/.

7. VISUAALINEN KIILTOVAIKUTELMA

Ihmisen kiillosta saaman vaikutelman muodostumismekanismia ei tunneta. Visuaalinen kiiltovaikutelma on riippuvainen valon tulokulmasta ja katselukulmasta. Yksilölliset tekijät vaikuttavat ilmeisesti huomattavasti kiiltohavaintoon. Lisäksi jokin tai jotkin tekijät pinnan rakenteessa vaikuttavat ihmisen saamaan kiiltovaikutelmaan mutta eivät samassa määrin fysikaalisin perustein mitattuun kiiltoon. Niinpä mitatut kiiltoarvot korreloivat yleensä huonosti kiiltovaikutelman kanssa /33,52/.

Hunterin mukaan pinnan visuaalinen kiiltovaikutelma on niin erilaista erityyppisillä pinnoilla, ettei sitä voi kuvata eikä mitata yhdellä menetelmällä. Hän kehittikin käsitteen kiiltotyypit, jotka perustuvat siihen, että erilaisilla pinnoilla visuaalinen kiiltohavainto associoidaan erilailla erilaisissa optisissa heijastusolosuhteissa /51,52/. Hunter jakaa kiiltotyypit peiliheijastuskiiltoon, peiliheijastuskiiltoon lähes pinnan tason suunnassa, kontrastikiiltoon, usvattomuuskiiltoon, kuvan selväpiirteisyyskiiltoon ja pinnan tasaisuuskiiltoon /5/.

Micale /3/ on todennut, että painovärikerroksen ja paperin vuorovaikutukset ovat yksi tärkeimmistä visuaaliseen kiiltohavaintoon liittyvistä tekijöistä. Ne ovat myös vaikeimpia määrittää.

KOKEELLINEN OSA

8. JOHDANTO

Pinnan kiilto on karheudesta riippuva suure. Päälystetyn paperin kiiltoon vaikuttavat materiaalitekijät ovat olleet pitkään tunnettuja, mutta materiaalivalintojen merkityksestä painojäljen karheuden ja kiillon kannalta tiedetään vähemmän.

Tämä tutkimus on osa KCL:n projektia "Painojäljen laadun muodostuminen offsetpainoprosessissa", jonka tavoitteena on selvittää ne mekanismit ja riippuvuudet, joiden kautta päälysteen ominaisuudet vaikuttavat painoväriin asettumiseen ja painovärikerroksen ominaisuuksiin. Tässä työssä halutaan selvittää paitsi materiaalivalintojen vaikutusta painamattoman ja painetun pinnan karheus- ja kiiltoarvoihin myös käytettävissä olevien karheus- ja kiiltomittalaitteiden antamien tulosten välisiä yhteyksiä. Painojäljen karheusmäärittämisellä pyritään selvittämään sitä, miten painoväri peittää päälysteen karheustilavuutta.

9. TAVOITE JA TYÖN RAJAUS

Pigmentti- ja sideainevalinnoilla on tarkoitus saada aikaan erilaisia päälysterakenteita ja selvittää niiden vaikutusta painojäljen laadun muodostumiseen eikä niinkään löytää "toimivia" reseptejä.

Päälystepigmenttipartikkeleiden vaikutusta tutkittaessa kiinnitetään huomiota pigmentin partikkelikokoon, muotoon ja pakkautumistapaan. Tavoitteena eri sideainetyyppien ja sideainemäärän osalta on selvittää, onko alkuperäisissä sileyksissä ja kiiltotasoissa eroja ja nouseeko esimerkiksi kiiltokonstrasti sideainemäärää lisättäessä. Lisäksi selvitetään mahdollisuuksia vaikuttaa kiiltoon painoväriin pigmentin partikkelikokoa ja pigmenttipitoisuutta muuttamalla. Painoväriin asettumista ja päälystystapahtumaa koskevia tekijöitä ei tämän työn kokeellisessa osassa käsitellä.

10. KOKEELLISESSA OSASSA KÄYTETYT MATERIAALIT

10.1 Päälystepigmentit

Päälystepigmentin partikkelikoon vaikutusta tutkittiin vertaamalla toisiinsa kalsiumkarbonaatteja. Käytettyjä karbonaattipigmenttejä olivat Hydrocarb 60, Hydrocarb 90 ja Setacarb. Nämä karbonaatit valittiin, koska Hydrocarb 90 on yleisesti käytössä oleva pigmenttilaatu, josta muut karbonaatit poikkesivat lähinnä vain pigmentin partikkelikoon osalta.

Muototekijän vaikutusta selvitettiin vertaamalla pyöreähköjä karbonaattipigmenttejä levymäisiin kaoliineihin sekä suurilevyiseen talkkiin ja kipsiin, joka on partikkelimuodoltaan suorakulmainen särmiö. Tutkittavia kaoliineja olivat SPS-kaoliini, joka on yleisimmin käytetty päälystepigmentti, delaminoitu Nuclay, jolla on suhteellisen suuri muototekijä, HT, joka on muodoltaan pyöreähkö ja koostuu pääosin kaoliinin välijakeista sekä Alphagloss, joka valittiin kokeisiin sen hienojakoisuuden takia. Talkki on kaoliinia hiukkaskooltaan suurempi, mutta hiukkasmuodoltaan levymäisempi pigmentti. Pigmenttien partikkelikokojakauma, taitekertoimet ja arvio partikkelimuodosta on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Pigmenttien partikkelikokojakaumat, taitekertoimet (t.k.) ja arvio partikkelimuodosta.

Pigmentti	% alle 2 µm	% alle 1 µm	50 % alle	taitekerroin	arvio partikkeli muodosta
HC 60	60	35	1,50	1.58	kuutiomainen, m.t. 1-2
HC 90	87	57	0,84	1.58	kuutiomainen, m.t. 1-2
Setacarb	98	76	0,58	1.58	kuutiomainen , m.t. 1-2
SPS	77	60	0,75	1.56	levymäinen m.t. ~12
Nuclay	86	69	0,62	1.56	levymäinen m.t. 12
HT	82	68	0,60	1.56	levymäinen m.t.<12
Alphagloss	96	87	0,34	1.56	levymäinen
Talkki	50	31	2,00	1.57	levymäinen m. t. 35
Kipsi	72	47	1,10	1.52	suorak.särmiö 2<m.t.<12
Alphatex	91	72	0,74		levymäinen kalsinoitu
Satinwhite	81	66	0,58		neulasmainen

Näillä samoilla pigmenteillä voidaan tarkastella myös pakkaustavan vaikutusta kiillonmuodostukseen. On yleisesti tiedossa, että pelkkää kalsiumkarbonaattia käyttäen saadaan melko huokoinen pinta, kaoliinilla puolestaan tiivis pintarakenne, joka korostuu edelleen delaminoitua kaoliinia käytettäessä. Pigmenttien pakkautumisen vaikutusta tutkittiin lisäksi käyttämällä pigmenttiseoksia, jossa kaoliinin muodostama melko tiivis pintarakenne pyrittiin rikkomaan seospigmentillä, joita olivat Hydrocarb 90, Alphatex ja Satinwhite. Alphatex on kalsinoitu kaoliini, joka tuottaa korkeabulkkisia ja huukoisia päällysteitä. Satinwhite on hiukkasmuodoltaan sauvamainen.

10.2 Sideaineet

Sideaineiden osalta selvitettiin sideainemäärän ja -tyypin vaikutusta. Käytettyjä sideaineita olivat SB-lateksi, PVAc-lateksi sekä tärkkelys. Dow 675 edustaa tyypillistä modifioitua styreenibutadieenilateksia. Se on melko pehmeä ja sen lasipiste (T_g) on noin $+3^\circ\text{C}$ (määritetty PSC-käyrältä midpoint-kohdasta). RN 116 on PVAc-kopolymeeri, jonka lasipiste (T_g) on noin $+32^\circ\text{C}$. PVAc-lateksi on kova lateksi, joka antaa myös bulkkisemman rakenteen kuin DOW 675 ja on luonteeltaan hydrofiilisempi kuin SB. Tärkkelys edustaa liukoista polymeeriä, joka kykenee muodostamaan tiiviimmän rakenteen kuin SB yksinään. Tärkkelys on myös "kova" polymeeri, joka antaa jäykkyyttä SB:hen lisättyä. Yleensä liukoisten aineiden kutistuminen on voimakkaampaa kuin dispersioiden. Pigmenttinä sideainesarjan päällysteissä oli SPS-kaoliini.

10.3 Pastareseptit

Pigmenttisarjassa tutkittavat pigmentit olivat

1. HC 60 (Hydrocarb 60), karbonaattipigmentti
2. HC 90, karbonaatti
3. Setacarb, karbonaatti
4. SPS, kaoliini
5. Nuclay, kaoliini
6. HT, kaoliini
7. Alphagloss, kaoliini
8. Talkki C 10 ja
9. Kipsi Coccoat.

Pigmenttiä oli pastassa 100 osaa.

Sideainesysteemi oli seuraava

Dow 675 (SB-lateksi)	11 osaa
CMC FF 10	0.7 osaa

Lisäaineita olivat

Glyoksaali	0.1 osaa
Blanchopar	0.2 osaa
Nopcote	0.5 osaa

Pastoilla oli tavoitteena sama viskositeetti ja kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat 60-65 %.

Sideainesarjassa SPS-kaoliinia oli 100 osaa ja lisäaineet olivat

Blanchopar	0.2 osaa
Nopcote	0.5 osaa

Sideaine+kovetinyhdistelmät olivat

Pasta nro 4	Dow 675 (SB-lateksi)	11 osaa
	FF 10	0.7 osaa
Glyoksaali	0.1 osaa	
Pasta nro 10	Dow 675	15 osaa
	FF 10	0.7 osaa
	Glyoksaali	0.07 osaa
Pasta nro 11	RN 116 (PVAc)	12.7 osaa
	FF 10	0.7 osaa
	Glyoksaali	0.07 osaa
Pasta nro 12	RN 116	17.3 osaa
	FF 10	0.7 osaa
	Glyoksaali	0.07 osaa
Pasta nro 13	RN 116	21 osaa
	FF 10	0.7 osaa
	Glyoksaali	0.07 osaa
Pasta nro 14	Dow 675	6.8 osaa
	Raisamyl 304 (tärkkelys)	6.7 osaa
	Glyoksaali	0.7 osaa
Pasta nro 15	Dow 675	6.8 osaa
	Raisamyl 304	12.5 osaa
	Glyoksaali	1.3 osaa

Pastojen tavoiteviskositeetti oli sama kaikilla ja kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat 56-60 %.

Sideaineen tilavuusosuus oli sama pastoilla 4,11 ja 14 sekä 10,12 ja 15.

Pigmenttiseospastojen pastareseptit olivat seuraavat

1.	SPS HC 90	80 osaa 20 osaa
2.	SPS Satinwhite	80 osaa 20 osaa
3.	SPS Alphatex	80 osaa 20 osaa

Lisäaineet olivat samat kuin ensimmäisessä pigmenttisarjassa.

10.4 Painovärit

IGT-painatukset suoritettiin KCL:n heatset-offsetvärillä Winter 2054-9075 (musta). Tämän lisäksi suoritettiin laboratoriokeopainatuksia koepainoväreillä, joissa oli vaihdeltu painovärin pigmentin raaka-aineena käytetyn hiilen partikkelikokoa ja pigmentti/sideaine+liuotinsuhdetta.

Kokeelliset painovärit on numeroitu yhdestä kuuteen. Värit 1, 2, 3 ja 4 sisältävät samaa pigmenttiä, Printex 45. Painoväriässä 5 on käytetty pigmentin raaka-aineena Printex 35 ja painoväriässä 6 Printex 25:ä. Printex 45 on pigmenteistä hienojakoisin ja Printex 25 karkein. Pigmenttien ominaispinta-ala ja värivoimakkuus pienenevät partikkelikoon kasvaessa. Pigmenttiraaka-aineiden erot käyvät ilmi taulukosta 4.

Valmistajan ilmoittamat koevärien pigmentti- ja sideaineosuudet on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 4. Pigmentin raaka-aineiden ominaisuuksia.

Pigmentti	Partikkeli- koko (m ²)	Ominais- pinta-ala (m ² /g)	Väri- voimakkuus
Printex 45	26	90	115
Printex 35	31	65	100
Printex 25	56	45	88

Taulukko 5. Koepainovärien pigmentti/sideaine+liuotinosuudet

Paino- väri	Pigmentti- pitoisuus	Sideaine+liuotin- pitoisuus
1.	14	86
2.	16	84
3.	18	82
4.	20	80
5.	18	82
6.	18	82

Kokeellisille painoväreille tehtyjen termooanalyysien tulokset ja painoväriin valmistajan ilmoittamat painovärikomponenttien osuudet sekä koevärien tahmeus- ja viskositeettiarvot on esitetty taulukossa 6. Kuten taulukosta voidaan havaita, ovat valmistajan ilmoittamat painovärikomponenttien määrät hieman pienempiä kuin termooanalyysimäärittämisestä saadut arvot mutta muuten tulokset ovat karkeasti ottaen samansuuntaisia.

Taulukko 6. Termooanalyysimäärittäysten tulokset ja valmistajan ilmoittamat painovärikomponenttien määrät sekä painovärien tahmeudet ja viskositeetit.

Paino- väri nro	Pigm. pit. valm. (%)	Pigm. liuotinpit. termoanal. (%)	Sideaine+ liuotinpit. valm. (%)	Sideaine+ liuotinpit. termoanal. (%)	Tahmeus 1 min	Visko- siteetti 500 1/s (Pas)
1	14	14,8	86	85,2	166	7,2
2	16	16,8	84	83,2	177	8,3
3	18	18,7	82	81,3	177	8,4
4	20	22,2	80	77,8	181	8,8
5	18	19,0	82	81,0	176	7,1
6	18	20,0	82	80,0	176	6,1

10.5 Pohjapaperit ja koepainovärien alustat

Päällystyspастоjen pohjapaperina käytettiin molemmiin puolin kertaalleen päällystettyä puuvapaata paperia, joka oli kalanteroitu. Tällä menettelyllä pyrittiin vähentämään pohjapaperin vaikutusta päällysteen karheuden ja kiillon muodostumisessa. Pohjapaperin paperitekniset ominaisuudet on esitetty liitteessä 1.

Koepainovärejä testattiin kolmella eri alustalla, joita olivat HC 90-karbonaattia sisältänyt kalanteroitu paperi (pasta numero 3), SPS-kaoliinia sisältänyt paperi (pasta numero 4) sekä IGT-kokeissa vastapaperina käytetty huokoinen valupäällystetty paperi. Kalanteroidun HC 90 - ja SPS-kaoliinipäällysteen paperitekniset arvot on esitetty liitteestä 2. Valupäällystetystä IGT-paperista määritettiin ainoastaan kiiltoarvot (Hunter-kiilto 73,5 %, Goniofotometri-kiilto 38,4%). Edellämainitut alustat valittiin, jotta saataisiin selville, onko pigmentin partikkelikoolla ja pigmenttipitoisuudella erilainen vaikutus kiiltoarvoihin erityyppisillä alustoilla.

11. KOKEIDEN SUORITUS

11.1 Näytteiden päällystys

Tutkittaessa päällystemuuttujien vaikutusta alkuperäiseen ja painetun pinnan ominaisuuksiin, haluttiin alussa eliminoida pohjapaperin ja prosessimuuttujien vaikutus tuloksista päällystämällä laboratoriossa sauvapäällystimellä PET-muovikalvoa päällystepastoilla. Päällysteet kuivattiin uunissa 105°C:ssa viiden minuutin ajan. Sideainesarjan päällysteet päällysteestä numero 10 lähtien jouduttiin siirtämään teippialustalle, sillä päällyste irtosi alustastaan IGT-painatuksessa.

Samoilla pastoilla päällystettiin Keskuslaboratorion päällystyskoneella molemmin puolin kertaalleen päällystettyä puuvapaata paperia. Päällystyskokeet tehtiin käyttäen pienkulma-terää. Sivelytelan nipin pituus oli 0,3 mm ja päällysteen määrä 10-11 g/m² toiselle puolelle annosteltuna. Päällystyskoneen nopeus oli 600 m/min. Kuivatusosa muodostuu infrapuna- ja leijukuivattimista. Kuivatuksessa tavoiteloppukosteus oli 6 %.

11.2 Näytteiden kalanterointi

Paperinäytteet kalanteroitiin Keskuslaboratorion superkalanterilla. Kiillotustulosta ei tässä koeajossa pyritty optimoimaan kalanteroinnin osalta vaan koepisteet ajettiin vakioolosuhteilla. Kalanteroinnissa linjapaineena oli 150 kN/m.

11.3 IGT-koepainatus

Sekä kalvo- että paperinäytteet painettiin Keskuslaboratorion IGT AC 2 -koepainokoneella käyttäen kumitelaa ja heatsetväriä. Puristusaine oli 75 kp, linjapaine 15 kN/m ja nopeus 0,5 m/s. Painatukset tehtiin neljällä eri värimäärällä. Värintsiirto määritettiin punnituskokein.

Densiteetit ja Hunter-kiilto mitattiin 24 tunnin kuluttua painamisesta. Densiteettimittauksissa käytettiin Macbeth-densitometriä.

12. KÄYTETYT MITTAUSMENETELMÄT

Pienten erojen havaitsemiseksi painamattoman ja painetun pinnan välillä painoalustan karheus- ja kiiltoarvot määritettiin aina painettujen IGT-liuoskojen painamattomista kohdista. Painoalustan karheus- ja kiiltoarvot ovat siis neljän rinnakkaisnäytteen keskiarvoja. Kustakin näytteestä tehtiin viisi määritystä.

12.1 Karheusmittaukset

12.1.1 Bendtsen-karheus

Bendtsen-mittauksen suoritustapa on yhdenmukainen standardimenetelmän SCAN-P21:67 kanssa. Bendtsen-mittalaitteen antamaan lukemaan vaikuttavat sekä epätasaisuuksien syvyys että koko. Syvät ja leveät epätasaisuudet kuljettavat enemmän ilmaa kuin pienet. Mittauksessa painottuu suurten huokosten merkitys.

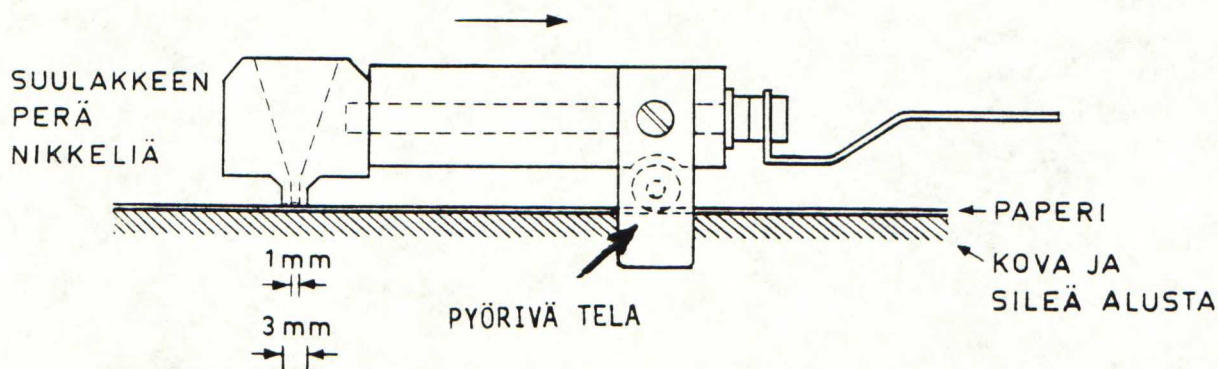
12.1.2 Parker Print-Surf-karheus

Parker Print-Surf -mittauksessa selvitetään, paljonko ilmaa vuotaa rengasmaisen mittapään ja sitä vastaan puristetun paperin pinnan välistä tietyllä mittauspaineella eli virtauksen synnyttämällä paine-erolla.

Taustana käytettiin mustaa neopreenikumista taustaa (soft). Koska kyseessä olivat hyvin sileät näytteet, lisättiin mittarin herkkyyttä käyttämällä mittauspaineena 2 m H₂O. Tällöin mittaussarvot kerrottiin 0,667:llä. Karheudet määritettiin 5, 10 ja 20 kp:n puristuksella. Painojäljistä tehdyt PPS-määritykset voitiin tehdä vain yhdestä mittauspisteestä, mittausrankaan jättämän painauman ja painetun pinnan rajallisuuden takia. Seospigmenttisarjan päällysteiden PPS-karheudet määritettiin eri Parker Print-Surf -mittalaitteella kuin pigmentti- ja sideainesarjan päällysteet. Karheudet määritettiin 10 ja 20 kp:n puristuksella. Mittauspaine oli sama kuin pigmentti- ja sideainesarjalla.

12.1.3 Karheustilavuus suulakelevitysmenetelmällä määritettynä

KCL:n suulakelevityslaite toimii seuraavasti: suulake liikkuu tietyllä nopeudella paperin pintaa pitkin. Tällöin osa applikoidusta öljystä siirtyy paperin pinnalle peittämään paperin pinnan epätasaisuuksia osan absorboituessa paperiin. Suulakelevityslaitteesta on esitetty kaaviokuva kuvassa 11.



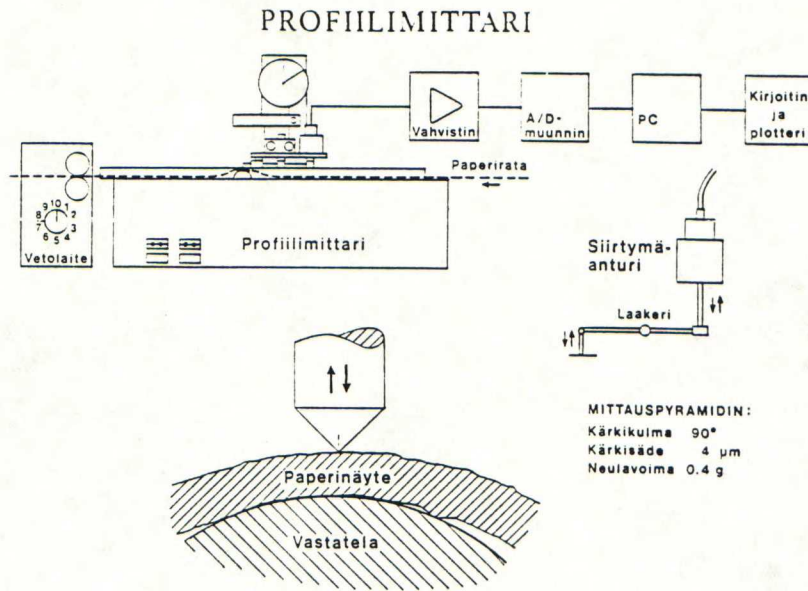
Kuva 11. Suulakelevityslaite

Kun aika on hyvin lyhyt, tai jos paperi ei ole kovin imukykyinen, siirtyy suulakkeesta paperin pinnalle vain paperin pinnan karheustilavuuden tarvitsema määrä öljyä. Ajan pidentyessä öljyä alkaa absorboitua ja paperille siirtyneen öljyn määrä kasvaa.

Kun siirtynyt öljymäärä piirretään ajan neliöjuuren funktiona x-y -koordinaatistoon, ei saatu käyrä lähde origosta vaan tietystä paperin karheustilavuuden määräämästä pisteestä y-akselilla. Öljynabsorptionopeus määritetään käyrän kulmakertoimesta jakamalla se öljyn tiheydellä.

12.1.4 Profiilikarheusmittaus

Keskuslaboratoriossa on kehitetty laitteisto paperin pinnan profiilin mittaamiseen /kuva 12/. Mittauslaitteiston kokoonpanoon kuuluu mittakärki ja siihen liittyvä siirtymäanturi, mittauselektroniikka, tietokone kirjoittimiseen ja piirtureineen sekä näytteesiirtomekanismi.



Kuva 12. Kaaviokuva paperin pinnan profiilin mittauslaitteesta.

Profiilianturina on herkästi laakeroitu neula, jonka kärjen pyöristyssäde on 4 µm ja neulavoima 4 mN. Neulan seurattessa paperin pintaa sen mekaaninen liike muunnetaan siirtymäanturin avulla sähköiseksi signaaliksi. Paperia liikutetaan neulan alla nopeudella 0,88 mm/s. Profiilisignaali suodatetaan ja luetaan tietokoneelle A/D-muuntimen kautta.

Profiilin jakauman määrittystä ja kuoppaisuusanalyysiä varten kerätään tietoa 8 µm:n välein profiilin arvosta eli pintaa seuraavan neulan asennosta. Tulokset luokitellaan pinnan profiilin syvyyden mukaan profiilin jakautumaksi. Toisaalta seurataan myös tietyn syvyisten kuoppien pituutta ja pituuden jakautumaa.

Profiilin jakaumasta lasketaan keskiarvo seuraavasti:

$$u = \sum p(i) i \quad (17)$$

missä i on syvyystaso ja $p(i)$ kyseisen syvyystason todennäköisyys. Hajonta saadaan kaavasta:

$$s = \sqrt{\sum_i (u-i)^2 p(i)} \quad (18)$$

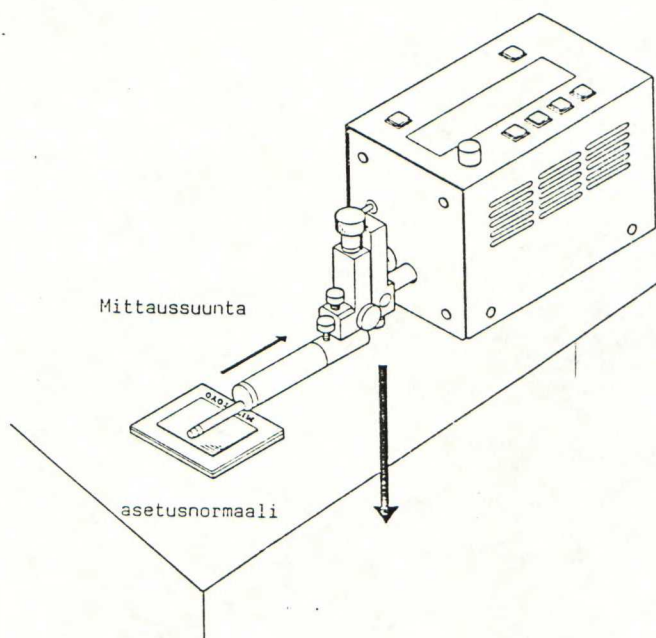
Karakteristiset kuopanpituudet eri syvyystasoilla saadaan sovittamalla kuopanpituuden jakautuma eksponentiaalisesti:

$$P(L) = n_0 e^{-L/b} \quad (19)$$

missä L on kuopanpituus, $P(L)$ L -pituisen kuopan todennäköisyys, n_0 on normalisointivakio ja b kyseistä syvyystasoa luonnehtiva karakteristinen kuopanpituus.

12.1.5 Mitutoyo-surftest pinnankarheusmittaus

Mitutoyo-karheusmittalaite koostuu Surftest 410 -mittauslaitteesta ja analysaattorista. Karheusmittauslaitteisto on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Mitutoyo-surftest -karheusmittalaite.

Mittalaitteen anturin päässä on timanttikärki, jonka pyöristyssäde on $5\ \mu\text{m}$. Mittausvoima on $4\ \text{mN}$. Kärki kulkee mitattavalla pinnalla säädetyn matkan.

Mittaus suoritettiin $0,8\ \text{mm}$ pituiselta alueelta, jonka mittalaite mittasi kullakin mittauskeralla 5 kertaa eli mittausalueen pituudeksi muodostui yhteensä $4\ \text{mm}$. Korkeussuunnassa mittausalueeksi valittiin $2\ \mu\text{m}$. Kustakin näytteestä tehtiin 5 rinnakkaismääritystä.

Suodatetusta karheusprofiilikäyrästä määritettiin pinnankarheusprofiilin aritmeettinen keskiarvopoikkeama keskilinjasta (R_a) seuraavasti:

$$R_a = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} f(x) dx \quad (20)$$

R_a :ta vastaava rms-parametri R_q saadaan seuraavasti:

$$R_q = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} f(x)^2 dx \quad (21)$$

Kulma $\emptyset a$ kuvaa profiilin keskiarvokallistumaa koko mittauspituudella. Karheusprofiilin jyrkkyyttä kuvaava suure saadaan ottamalla kulmasta $\emptyset a$ tangentti.

12.1.6 Pinnan karheuden mittaus kuva-analyysaattorilla

Pinnan karheus määritettiin optisesti Kontron SEM-IPS kuva-analyysaattoria. Kuva-analyysaattorin kuvanmuodostuksessa käytetään TV-kameraa, johon on liitetty Zeiss Tessovar objektiivi. Mittauskentän koko on vaihdeltavissa alueella 2 -7 mm. Näytteen pintaa valaistaan suunnatusti pienellä valaisukulmalla (n. 5°) Schott KL1500 kylmävalovalaisimella. Tällöin pinnan epätasaisuudet tulevat näkyviin tummuusvaihteluina. Mitä karheampi näyte on, sitä voimakkaammiksi muodostuvat tummuusvaihtelut. Epätasaisuuden lisäksi tummuusvaihteluun voivat vaikuttaa muut syyt, kuten lika. Tämä voidaan kuitenkin eliminoida valaisemalla näytettä vastakkaiselta suunnalta ja vähentämällä näin saatu sävykuva edellisestä. Tällöin myös tummuusvaihtelujen voimakkuus kasvaa.

Kuva-analyysimittauksen tulokset on esitetty karheutta kuvaavana tunnuslukuna: karheusindeksinä, joka kuvaa erotussävyprofiilin keskimääräistä vaihtelua.

12.2 Kiiltomittausmenetelmät

12.2.1 Hunter-kiiltomittaus

TAPPI-standardin T 480 mukaan Hunter-mittalaitteella suoritettussa kiiltomittauksessa valon tulo- ja mittauskulmat ovat 75° . Valaisun kenttäkulma on tulevan säteen ja pinnan normaalin muodostamassa tasossa $2,8^\circ$ ja tätä tasoa vastaan kohtisuorassa tasossa $5,7^\circ$. Detektorin aukko on pyöreä ja sen kenttäkulma on $11,4^\circ$.

TAPPI-standardin mukaisessa kiiltomittauksessa sovelletaan Chindamayandamin yhtälöä. Kiiltomittalaitteessa käytettävän valon aallonpituus on $0,55 \mu\text{m}$, jolloin kiilto päällystetyille papereille on seuraava /11/:

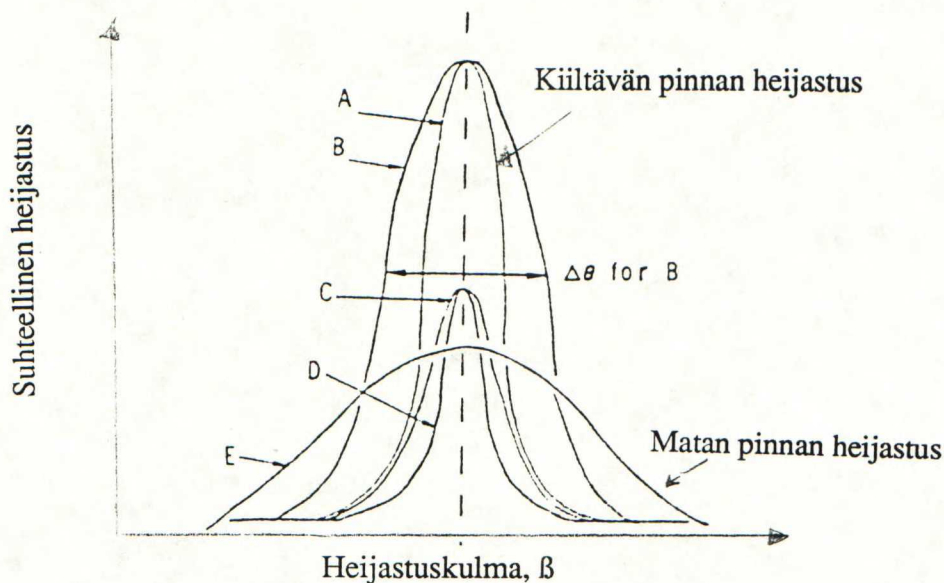
$$\text{TAPPI } 75^\circ \text{ kiilto} = 384.6 f(n,75) \exp(-(4 \cos 75/0.55)^2) \quad (22)$$

Koska lähes kaikilla päällystysmateriaaleilla ja painoväreillä on samaa suuruusluokkaa oleva taitekerroin (n) ja Fresnell'n vakio ($f(n,75)$), riippuu päällystettyjen papereiden kiilto tämän yhtälön mukaan pääasiassa niiden pinnan karheudesta, riippumatta siitä, mitä materiaaleja päällystyksessä on käytetty.

Hunter-kiiltomittauksessa rinnakkaisten määritysten lukumäärä oli 5 määritystä/painojälki ja 10 määritystä/painamaton pinta.

12.2.2 Kiilto goniofotometrillä

Goniofototrimittauksessa suunnattu valo kohtaa paperin tai painojäljen pinnan tietyssä tulokulmassa, joka on säädettävissä. Valoa heijastuu kaikkiin suuntiin ja mittauskulman arvoa muuntamalla saadaan ns. heijastusindikatriksi /kuva 14/, jossa valon tulokulmaa vastaavan heijastuskulman läheisyydessä esiintyy huippu peiliheijastuksen johdosta. Tyypillisesti kiiltävän pinnan peiliheijastusindikatriksi on terävä ja kapea. Matan pinnan peiliheijastusjakaumassa ei sen sijaan erotu selvää huippua ja indikatriksi on huomattavasti leveämpi kuin kiiltävällä pinnalla.



Kuva 14. Esimerkki kiiltävän ja matan pinnan heijastusindikatriksista.

Mittaukset suoritettiin Zeissin GP 2 goniofotometrillä, jossa valaisukulmana käytettiin 45° . Mittauskulman arvoa vaihdeltiin 0° :sta 75° :een, peiliheijastuskulman läheisyydessä asteen välein. Yksittäiset kiiltoarvot on ilmoitettu peiliheijastuskulmassa standardin heijastukseen suhteutettuna.

Peiliheijastuskulmaksi valittiin 45° , sillä valaistun alueen koko rajoitti suurempien kulmien käyttöä painojälkien peiliheijastusta mitattaessa. Pienempiä kulmia käytettäessä ei olisi saatu eroja alhaisen kiillon omaaville näytteille.

Mittaukset suoritettiin käyttäen galvanometrin asemesta digitaalista yleismittaria mittalukemien tarkemmaksi tulkitsemiseksi. Digitaalisen yleismittarin ja galvanometrin välille tehtiin sovituskäyrä, jonka avulla tulokset voidaan haluttaessa muuttaa galvanometriasteikon mukaisiksi. Koska mitatut kiiltoarvot sijoittuvat sovituskäyrän lähes lineaariselle osalle, on tämän työn puitteissa tarkasteltu digitaalisen yleismittarin mukaisia heijastuslukemia.

12.2.3 Mikrokiiltomittaus

Painetuista pigmentti- ja sideainesarjan näytteistä mitattiin vertailukohtana myös mikrokiillon TKK:n Graafisen tekniikan laboratoriossa kehitetyllä mikrokiiltomittarilla. Mittauslaitteisto koostui xenon-lampusta, rivikamerasta, goniometristä, optikasta, A/D-muuntimesta ja mikrotietokoneesta.

Mikrokiiltomittari eroaa Hunter-kiiltomittarista ja goniofotometrasta siinä, että mikrokiiltomittarilla voidaan mitata kiillon mikromittaista vaihtelua. Mitattavan alueen koko on pienempi kuin muissa kiiltomittareissa: rivikameran rivin leveys on 13 μm , Hunter-mittarissa mitattava pinta-ala on 1 cm^2 ja goniofotometrissä noin 5 cm^2 .

12.3 Paperitekniset määritykset

Karheus- ja kiiltomittausten lisäksi kalanteroimattomista ja kalanteroiduista papereista määritettiin neliömassa standardimenetelmän SCAN-P6:75, tiheys SCAN-P7:75 sekä kosteus SCAN-P4:64 mukaan. Papereiden ilmanläpäisevyyden mittaus oli standardimenetelmän SCAN-P21:67 mukainen.

Lisäksi papereista tehtiin optiset määritykset: ISO-vaaleus, Y-arvo, opasiteetti, valonsironta- ja absorptiokerroin standardimenetelmän SCAN-G1:75 mukaan varustetulla ja kalibroidulla Elrepho-laitteella.

12.4 Painoväreistä tehdyt määritykset

Kokeellisten painovärien tahmeus määritettiin Tack-o-scope-laitteella 23 °C lämpötilassa värikerroksen ollessa 3 μm ja nopeuden 2 m/s. Ajoaika oli 10 minuuttia. Mittaus suoritettiin telanipin avulla. Halkeamisvastus vetää vapaasti pyörivää ratsastajatelaa ohjaavan metallitelan pyörimissuunnassa. Värikalvon aiheuttama halkeamisvastus mitataan ja sitä käytetään tahmeuden mittana. Tuloksena ilmoitetaan tahmeuslukema 1 minuutin ja 10 minuutin kohdalta.

Viskositeetti määritettiin Ferranti-Shirley taso/kartio-viskosimetrillä, jossa väriä hierretään tason ja kartion välissä kahden minuutin ajan nopeuden noustessa tasaisesti 0-100 r.p.m. Viskositeetti määritettiin 23 °C lämpötilassa leikkausnopeuksissa 100 ja 500 1/s.

Painovärien koostumusta analysoitiin valmistajalta saatujen tietojen lisäksi termovaa'alla. Menetelmässä näyte lämmitetään 600 °C typpikaasuvirtauksessa. Tällöin painoväri-
liuotteet haihtuvat ensin, jonka jälkeen sideaine hajoaa. Kun lopuksi uuniin johdetaan ilmaa, palaa hiilimusta. Ajon perusteella voitiin määrittää hiilimustan osuus ja arvioida myös liuottimen ja sideaineen osuutta painoväristä.

13. MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Seuraavassa on käsitelty melko yksityiskohtaisesti eri päällysteiden karheus- ja kiiltomittaustuloksia. Tämä johtuu eri pigmentti- ja sideainetyyppien erilaisesta käyttäytymisestä laboratorio-, kalanteroimattomilla tai kalanteroiduilla päällysteillä sekä siitä, että käytetyt karheus- ja kiiltomittalaitteet painottavat päällysteiden ominaisuuksia eri tavoin.

13.1 Tulokset paperiteknisistä määrittämisistä

Papereista tehtyjen määrittäysten tuloksia on esitetty taulukossa 7. Yksityiskohtaisemmat tulokset löytyvät liitteestä 2.

Taulukko 7. Tuloksia paperiteknisistä määrittämisistä.

Paperi	Neliömassa (g/m ²)	Päällyste- määrä (g/m ²)	Kosteus (%)	Tiheys (kg/m ³)	Ilman- läp. (ml/min)	Opasiteetti (%)
<u>Kalanteroimattomat paperit</u>						
HC 60	89,6	8,56	5,8	1117	4,0	90,5
HC 90	91,0	10,2	6,1	1128	5,0	91,1
Setacarb	90,0	10,0	6,4	1128	3,0	90,8
SPS	88,5	9,60	6,2	1102	4,0	91,4
Nuclay	90,2	8,81	5,9	1113	4,0	91,5
HT	89,9	9,02	5,9	1104	5,0	91,4
Alphagloss	90,3	9,11	6,1	1102	5,0	91,4
Talkki	93,0	11,6	7,5	1134	4,0	91,4
Kipsi	92,2	10,8	6,2	1138	4,0	90,7
4	88,5	9,60	6,2	1102	4,0	91,4
10	88,6	9,62	6,2	1099	3,0	91,0
11	91,2	10,8	6,3	1099	5,0	91,9
12	91,8	11,6	6,3	1115	4,0	91,9
13	89,7	8,60	6,0	1092	4,0	90,9
14	88,8	8,17	6,1	1109	4,0	91,2
15	89,9	9,17	6,2	1090	4,0	90,7

Paperi	Neliömassa (g/m ²)	Päällyste- määrä (g/m ²)	Kosteus (%)	Tiheys (kg/m ³)	Ilman- läp. (ml/min)	Opasiteetti (%)
<u>Kalanteroidut paperit</u>						
HC 60	91,0	8,56	5,8	1007	3,0	89,7
HC 90	90,0	10,2	6,1	998	3,0	89,9
Setacarb	90,9	10,0	6,4	1283	3,0	89,5
SPS	89,6	9,60	6,2	1273	3,0	90,0
Nuclay	90,3	8,81	5,9	1012	4,0	90,1
HT	89,8	9,02	5,9	1011	3,0	90,4
Alphagloss	91,4	9,11	6,1	1262	2,0	93,8
Talkki	92,0	11,6	6,2	1038	2,0	89,3
Kipsi	92,7	10,8	6,2	1023	4,0	89,4
4	89,6	9,60	6,2	1273	3,0	90,0
10	89,1	9,62	6,2	1251	3,0	89,6
11	89,9	10,8	6,3	1270	3,0	90,4
12	91,7	11,6	6,3	1041	3,0	90,4
13	89,2	8,60	6,0	997	3,0	89,7
14	90,3	8,17	6,1	1279	3,0	89,8
15	90,1	9,17	6,2	1256	2,0	89,5

Kuten taulukosta voidaan havaita, ovat kalanteroimattomat paperit ilmanläpäisevyydeltään suurin piirtein samaa suuruusluokkaa. Karbonaateilla ilmanläpäisevyys pienenee hiukkaskoon pienetessä. Myös sideaineen lisääminen näyttäisi pienentävän ilmanläpäisevyyttä. Kalanteroitaessa ilmanläpäisevyydet pienenevät, kun paperin tiivistyessä huokoisuus pienenee.

Näytteiden päällystemäärissä esiintyy jonkin verran eroja. Mm. talkki- ja kipsipastoilla päällystemäärät ovat pigmenttisarjassa muita korkeampia. Sideainesarjan papereista PVAc-lateksipäällysteen nro 12 päällystemäärä oli muita selvästi suurempi. Lisäksi PVAc-lateksia eniten sisältäneen paperin nro 13 ja tärkkelyspäällysteen nro 14 päällystemäärät olivat alhaisia.

13.2 Tulokset karheusmittauksista

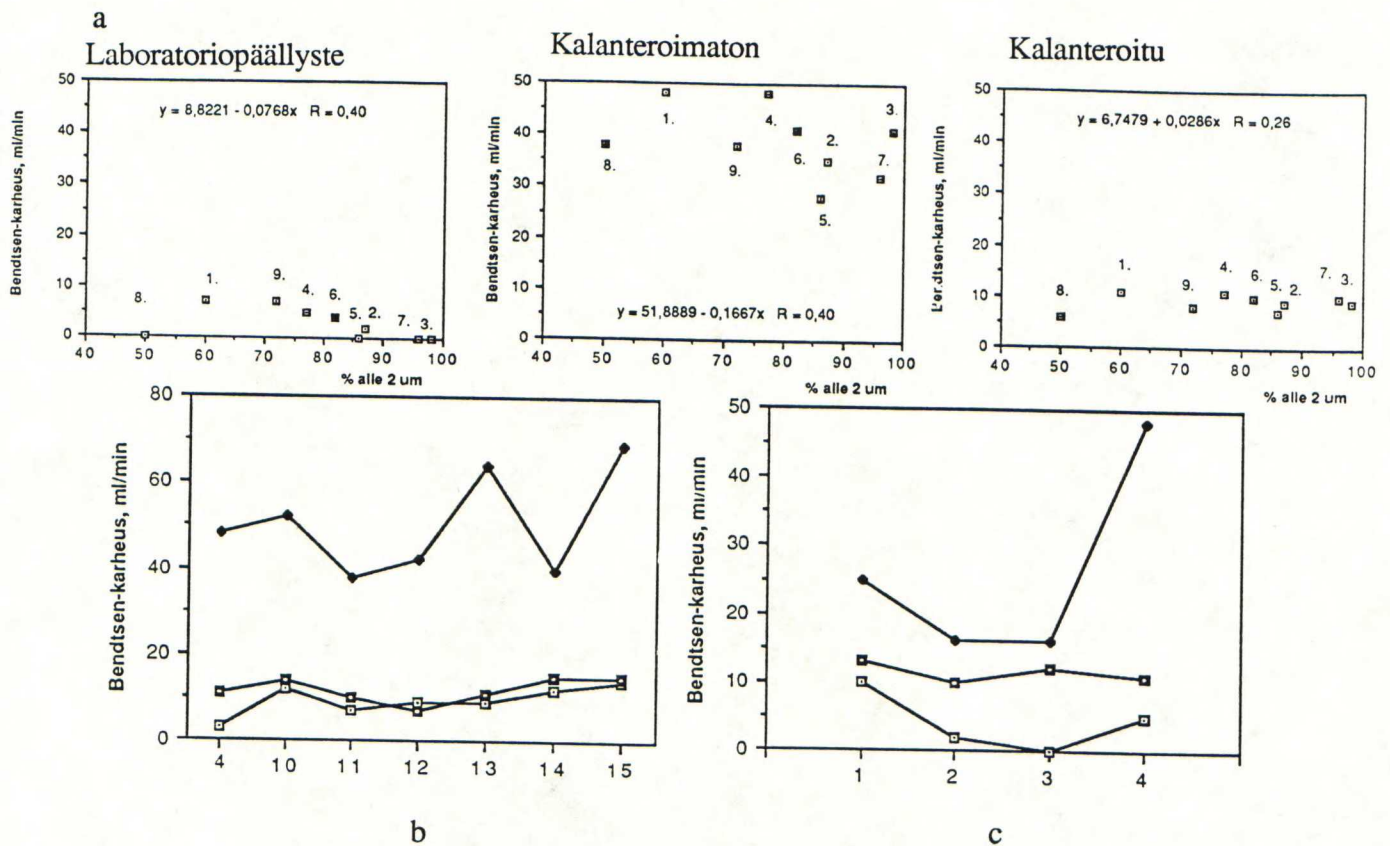
Pigmenttisarjan päällysteiden karheet ja kiillot on esitetty partikkelikoon funktiona. Pigmenttipäällysteet on numeroitu kuviin siten, että numerot 1-3 ovat karbonaatti-, 4-7 ovat kaoliini-, numero 8 on talkki- ja numero 9 on kipsipäällyste. Päällysteiden numerointi noudattaa luvussa 10.3 esitettyä järjestystä. Kuvien alareunassa on esitetty pigmentin hiukkaskoon ja määritetyn karheus- tai kiiltoarvon välisen regressiosuoran yhtälö ja korrelaatiokerroin. Regressiokäyrän määrittämiseen on käytetty lineaarista sovitusta. Regressiosuora on laskettu yhdeksän mittauspisteen avulla, jotka ovat edellämainittujen pigmenttisarjan päällysteiden karheus- tai kiiltoarvot. Mainittakoon, että tilastollisesti merkitsevä korrelaatiokerroin on 0.67; kertoimen määrittäminen on esitetty liitteessä 3.

Pigmenttisarjan päällysteiden karheuksien jälkeen esitetään viivakuvin sideainesarjan sekä seospigmenttisarjan päällysteiden karheet laboratoriopäällysteillä, kalanteroimattomilla ja kalanteroituilla papereilla. Sideainesarjan ja seospigmenttisarjan päällysteiden vertailukohtana on pigmenttisarjassa esiintyvä SPS-kaoliinipäällyste (nro 4). Sideainesarjan päällysteistä 4 ja 10 ovat SB-lateksi-, 11 - 13 PVAc-lateksi- sekä 14 ja 15 tärkkelyspäällysteitä. Kuvissa esiintyy seuraavia lyhenteitä: m = laboratoriopäällyste (päällystetty muovikalvolle), kmaton = kalanteroimaton paperi ja ktu = kalanteroitu paperi. Painoväriin vaikuttavien karheusarvoihin on kuvattu palkkikuvien avulla, joissa numeroidut palkit viittaavat värimäärään (1 pienin ja 4 suurin värimäärä). Päällysteiden värimäärät poikkeavat toisistaan eivätkä eri päällysteiden painetun pinnan karheusarvot ole siten suoraan verrannollisia. Kuvioista havaitaan kuitenkin millaiset trendit painojäljen karheusarvoilla on painovärimäärän kasvaessa. Yksityiskohtaisemmat tulokset painamattoman ja painetun pinnan karheusarvoista on esitetty liitteessä 4. Kunkin päällysteen painojäljen värimäärät on esitetty kiiltojen yhteydessä liitteessä 5. PVAc-lateksipäällysteiden karheusarvoja tarkasteltaessa on huomioitava laboratoriopäällysteillä ilmennyt päällysteen halkeilu.

13.2.1 Bendtsen-karheus

Painamaton pinta

Tutkittujen pigmentti-, sideaine- ja seospigmenttisarjan päällysteiden Bendtsen-karheet on esitetty kuvasarjassa 15 abc.



Kuva 15. Päällysteiden painamattomien pintojen Bendtsen-karheudet.

a = pigmenttisarjan karheudet partikkelikoon funktiona

b = sideainesarja

c = seospigmenttisarja

Kuten kuvasta 15 voidaan havaita, olivat laboratoriopäällysteiden Bendtsen-karheudet erittäin alhaisia. Pigmenttisarjasta karbonaatti- ja kaoliinipäällysteiden Bendtsen-karheudet pienenevät pigmentin partikkelikoon pienetessä. Sideainesarjan päällysteiden välillä ei ollut suuria karheuseroja. Sideainemäärä lisääminen nosti hieman karheutta. SB-lateksia sisältävä päällyste no 4 oli sideainesarjan silein. PVAc-lateksipäällysteet olivat halkeilleet, mikä vaikutti osaltaan myös karheusarvoihin. Seospigmenttisarjan päällysteiden karheudet olivat HC 90+SPS-päällystettä lukuunottamatta hieman pienemmät kuin pelkkää SPS-kaoliinia sisältäneellä päällysteillä. Pienimmät karheusarvot määritettiin Alphatex+SPS-päällysteestä.

Kalanteroimattomien pigmenttisarjan päällysteiden Bendtsen-karheudet olivat merkittävästi suuremmat kuin laboratoriopäällysteillä. Pigmenttipäällysteiden välillä oli havaittavissa huomattavia eroja. Karbonaattipäällysteitä lukuunottamatta päällysteiden karheusarvot noudattivat karkeasti ottaen laboratoriopäällysteiden tuloksia. Sideainesarjan päällysteillä karheusarvot kasvoivat huomattavasti sideainemäärän kasvaessa. Verrattaessa sideainesarjan päällysteiden karheuksia pigmenttisarjan päällysteisiin, voidaan todeta, että suuri sideainemäärä oli sileydelle haitallinen. Sekä sideainesarjan suurin että pienin Bendtsen-karheus määritettiin tärkkelyspäällysteestä. Seospäällysteiden Bendtsen-karheudet olivat selvästi alhaisempia SPS-päällysteeseen verrattuna, erityisesti Alphatex+SPS- ja Satinwhite+SPS-päällysteillä.

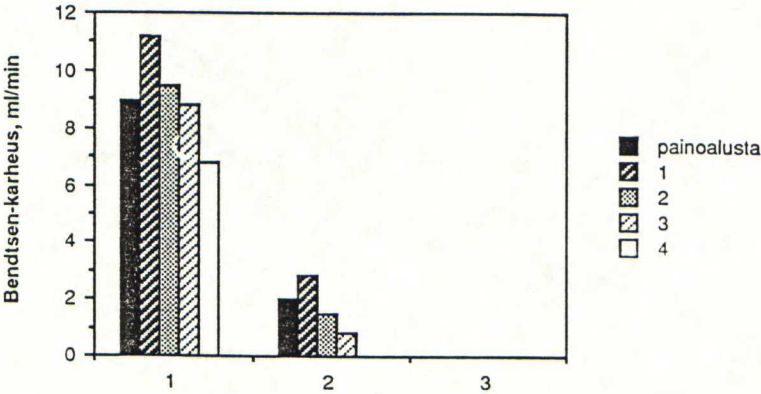
Kalanteroitujen päällysteiden karheudet olivat hieman korkeampia laboratoriopäällysteisiin verrattuna. Eri pigmentti- ja sideainesarjan päällysteiden väliset karheuserot olivat pieniä. Alphagloss-päällystettä lukuunottamatta kalanteroitujenkin päällysteiden Bendtsen-karheudet pienenivät hiukkaskoon pienentyessä. Seospigmenttisarjan päällysteiden Bendtsen-karheudet olivat samaa suuruusluokkaa kuin SPS-päällysteellä, eivätkä karheusarvot poikenneet toisistaan merkittävästi.

Painojälki

Pigmentti- ja sideainesarjan laboratoriopäällysteillä painovärin lisäyksen vaikutus Bendtsen-arvoihin vaihteli päällysteestä toiseen. Suurimmalla värimäärällä karheusarvot olivat yleensä pienemmät kuin painoalustalla, mutta erot olivat pieniä. Seospäällysteiden painojäljen Bendtsen-karheudet pienenivät värimäärän kasvaessa lukuunottamatta pienimpiä värimääriä, joilla karheus oli suurempi kuin painoalustalla. Painetun pinnan Bendtsen-karheuksista on esimerkkinä esitetty kuvassa 16 seospigmenttisarjan päällysteiden karheudet eri painovärimäärillä.

Painovärimäärän vaikutus kalanteroimattomien papereiden Bendtsen-arvoihin vaihteli niin ikään eivätkä karheusarvot juuri muuttuneet painovärin vaikutuksesta. Poikkeuksen muodostivat seospäällysteet, joilla painovärimäärän kasvu alensi Bendtsen-karheuksia.

Kalanteroitujen papereiden tulokset eivät eronneet pigmentti- ja sideainepäällysteiden osalta laboratorio- ja kalanteroimattomista näytteistä. Kalanteroitujen seospäällysteiden karheudet sen sijaan poikkesivat edellä mainituista siten, että painovärimäärän lisäys ei vaikuttanut kalanteroitujen papereiden karheusarvoja pienentävästi.

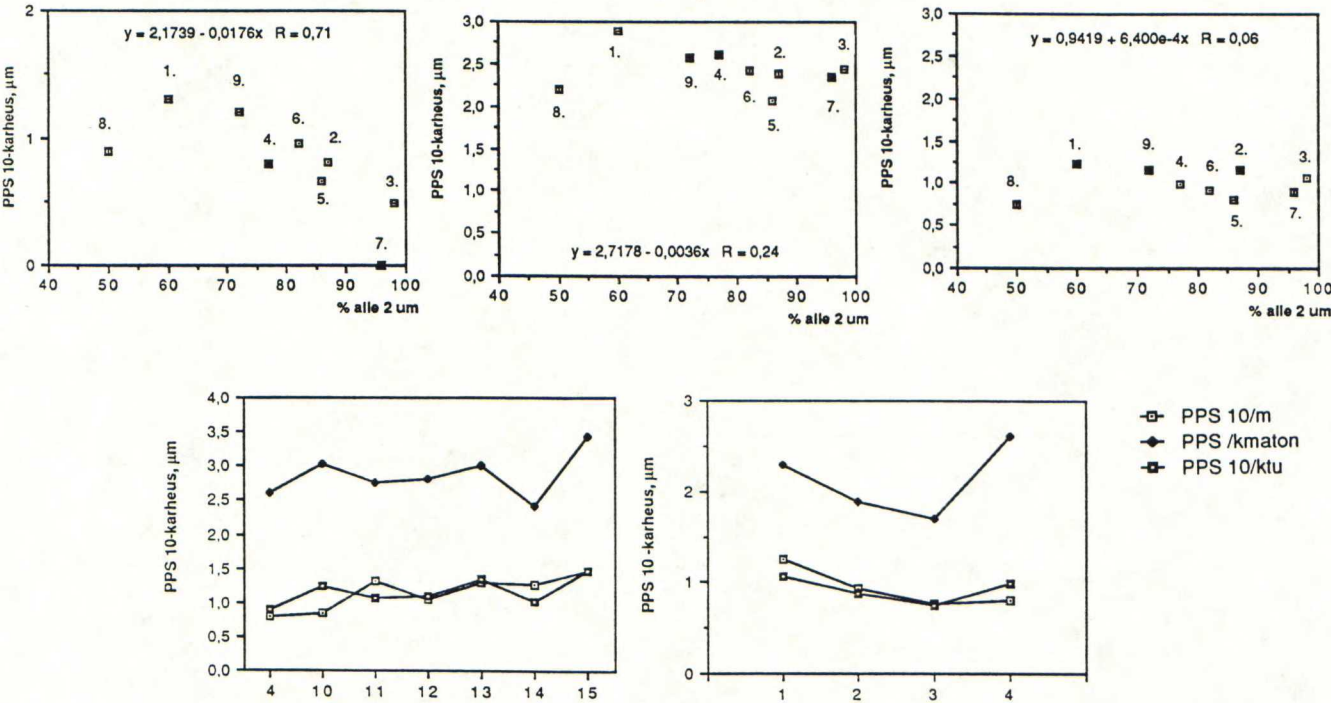


Kuva 16. Seospigmenttisarjan laboratoriopäällysteiden painetun pinnan Bendtsen-karheudet.

13.2.2 PPS-karheudet

Painamaton pinta

Kuvasarjassa 17 on esitetty pigmentti- (a), sideaine- (b), ja seospigmenttisarjan päällysteiden (c) Parker Print-Surf -mittarilla määritetyt karheudet.



Kuva 17 abc. Päällysteiden PPS-karheudet mittauspuristuksella 10 kp.

Laboratoriopäällysteitä tarkasteltaessa voidaan havaita, että karbonaattipäällysteiden PPS-karheet pienenevät merkittävästi partikkelikoon pienentyessä. Sama ilmiö oli havaittavissa myös kaoliinipäällysteillä, jos pyöreähkön HT-päällysteen muita suurempaa karheusarvoa ei oteta huomioon. Vaikka talkin keskimääräinen hiukkaskoko on suuri, on päällysteen karheus kuitenkin melko pieni sen levymäisyyden ansiosta. Sideainesarjan päällysteiden karheusarvot eivät juuri poikenneet pigmenttisarjan karheusarvoista. Sideainepäällysteistä sileimpiä olivat SB-lateksipäällysteet. Sideainemäärän suhteen tulokset olivat samansuuntaisia kuin Bendtsen-määrittelyssäkin eli sideainen lisäys nosti sideainesarjan päällysteiden karheutta lukuunottamatta PVAc-lateksipäällystettä numero 11. Lisättäessä SPS-päällysteeseen HC 90-karbonaattia suurenevat karheusarvot. Muilla seospigmenttipäällysteillä karheusarvot olivat samaa suuruusluokkaa kuin SPS-päällysteellä.

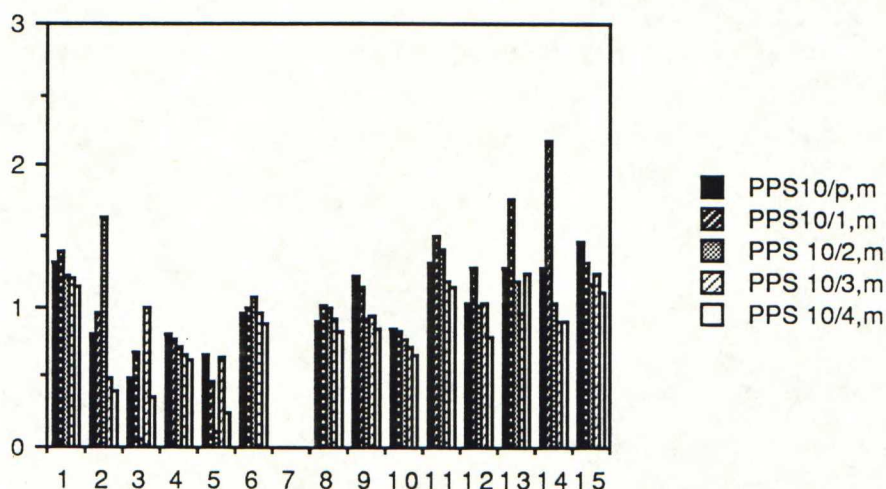
Kalanteroimattomien ja laboratoriopäällysteiden PPS-karheuksien välillä oli huomattava tasoero. Kalanteroimattomilla päällysteillä ei voitu havaita partikkelikoon vaikuttavan yksiselitteisesti PPS-karheuksiin. Kuitenkin esimerkiksi kaoliineilla PPS-karheus pieneni hiukkaskoon pienentyessä lukuunottamatta Alphagloss-päällystettä. Sideainesarjan päällysteillä PPS-karheet näyttivät kasvavan sideainemäärän kasvaessa kuten laboratoriopäällysteilläkin. Korostetuimmin tämä näkyi tärkkelyspäällysteillä. Seospäällysteiden PPS-karheusarvot olivat pienempiä kuin SPS-päällysteillä. Tämä on selvästi havaittavissa etenkin Alphatex+SPS- ja Satinwhite+SPS-päällysteillä.

Yleisesti ottaen kalanteroitujen papereiden PPS-karheet olivat selvästi pienempiä kuin kalanteroimattomilla papereilla, mutta vähän suurempia kuin laboratoriopäällysteillä. Erot eri pigmenttipäällysteiden välillä olivat pienentyneet laboratoriopäällysteisiin verrattuna. Kaoliinipäällysteet olivat hieman sileämpiä kuin karbonaattipäällysteet. Kaikista silein oli talkkipäällyste, oletettavasti suuren levymäisyytensä ansiosta. Sideainesarjan päällysteiden karheuksien välillä ei ollut suuria eroja, mikä oli havaittavissa myös seospigmenttisarjan päällysteiden osalta.

Painojälki

Osalla pigmenttipäällysteistä voidaan havaita, että päällysteiden PPS-karheet pienenevät hieman värimäärän kasvaessa. Lähes kaikilla päällysteillä voitiin todeta, että pienimmällä värimäärällä karheusarvot olivat suurempia kuin painoalustan karheet. Sideainesarjan päällysteiden PPS-karheet vaihtelivat eri värimäärillä, mutta yleisesti ottaen painojälki

oli suurimmalla värimäärällä kaikilla päällysteillä painamatonta pintaa sileämpi. Kuvassa 18 on esitetty esimerkkinä painovärimäärän vaikutuksesta painojäljen PPS-karheuksiin seospigmenttisarjan laboratoriopäällysteiden PPS-karheudet. Seospigmenttipäällysteillä painojäljen PPS-arvot olivat painoalustan PPS-arvoja pienempiä. Selvimmin tämä on havaittavissa Satinwhite+SPS-päällysteellä.



Kuva 18. Pigmentti- ja sideainesarjan laboratoriopäällysteiden PPS-karheudet eri värimäärillä.

Painovärillä ei ollut yksiselitteistä vaikutusta kalanteroimattomienkaan pigmentti- ja sideainesarjan päällysteiden PPS-arvoihin. Seospigmenttipäällysteiden karheus pieneni painovärimäärän kasvaessa.

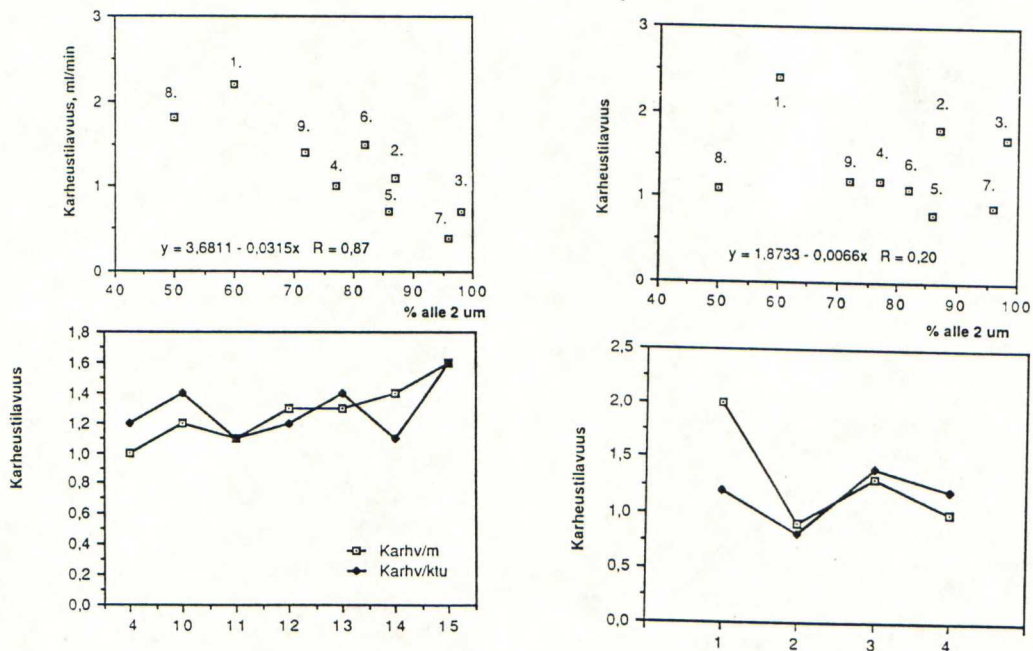
Kalanteroitujen papereiden painojäljen karheusarvot olivat samaa suuruusluokkaa kuin painamattomilla pinnoilla eikä painovärimäärän kasvu juuri vaikuttanut kalanteroitujen pigmentti- ja sideainesarjan päällysteiden karheuteen. Kun seospäällysteille lisättiin painoväriä, karheusarvot pienenivät. Värimäärän edelleen kasvaessa karheusarvot vaihtelivat eikä painovärimäärän havaittu vaikuttavan merkittävästi karheusarvoihin. Muista poikkeavasti Alphatex+SPS-päällysteen karheusarvot pienenivät koko ajan värimäärän kasvaessa.

13.2.3 Karheustilavuudet suulakelevitysmenetelmällä määritettynä

Kuten kuvasta 19 voidaan havaita, korreloi laboratoriopäällysteiden pigmentin hiukkaskoko selvästi päällysteen karheustilavuuden kanssa. Hienojakoiset päällystepigmenttipartikkelit muodostivat pintoja, joiden karheustilavuus oli pieni. Lineaarisen regressiokäyrän korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,87, eli korrelaatio on merkittävä /liite 3/. Tulokset olivat samansuuntaisia PPS-määritysten kanssa. Sideainesarjan päällysteiden

karheustilavuuksien välillä ei ollut suuria eroja. Karheustilavuudet näyttäisivät hieman suurenevan sideainemäärän kasvaessa. Lisättäessä SPS-päällysteeseen HC 90-karbonaattia karheustilavuus kaksinkertaistui. Satinwhite+SPS-päällysteen karheustilavuus oli sen sijaan alhaisempi kuin pelkkää SPS-kaoliinia sisältäneellä päällysteellä.

Kalanteroiduista papereista kaoliinien ja karbonaattien karheustilavuudet olivat hieman suurempia kuin muovikalvolla mutta karheustilavuuksien väliset erot olivat kaventuneet. Sen sijaan karbonaattipäällysteiden ja kaoliinipäällysteiden välillä oli huomattava ero kaoliinipäällysteiden ollessa sileämpiä. Vaikka hiukkaskoko selitti karheustilavuutta yleisesti ottaen melko heikosti ($r=0,22$, selitysaste vain 5 %), olivat erityisesti karbonaattien karheustilavuudet selvästi yhteydessä pigmentin partikkelikokoon. Kaoliineista tästä trendistä poikkesi delaminoitua Nuclay-kaoliinia sisältänyt päällyste, jonka karheustilavuus oli pienin. Sideainesarjan karheustilavuudet olivat samaa kokoluokkaa kuin laboratoriopäällysteillä ja kasvoivat kuten muovikalvollakin sideainemäärän kasvaessa. Satinwhite+SPS-päällyste oli seospigmenttisarjan päällysteistä karheustilavuudeltaan edelleen pienin. HC 90+SPS-päällysteen karheustilavuus oli samaa suuruusluokkaa kuin SPS-päällysteellä numero 4.



Kuva 19. Päällysteiden karheustilavuudet.

a = pigmenttisarjan karheustilavuudet partikkelikoon funktiona

b = sideainesarja

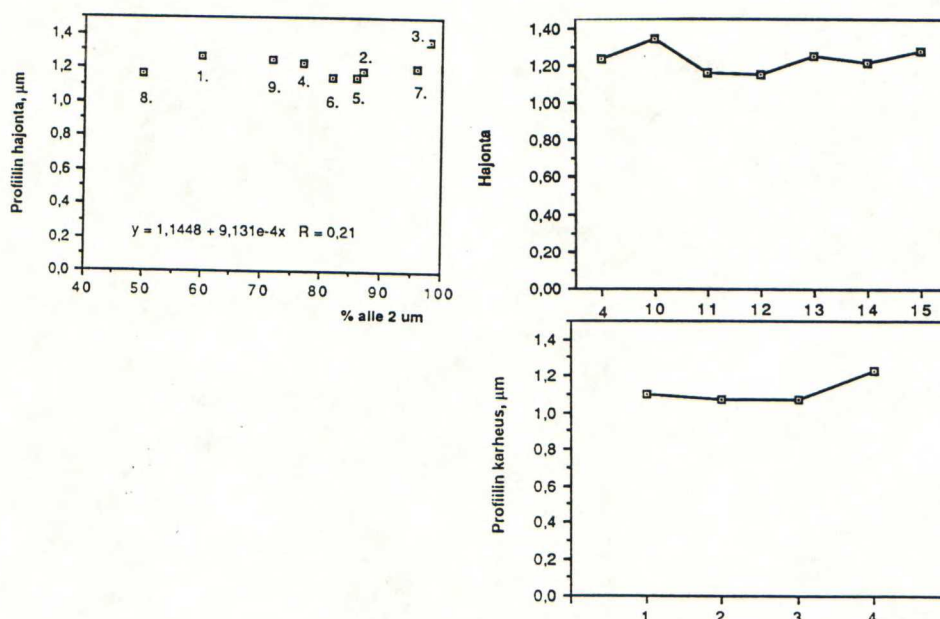
c = seospigmenttisarja

Erittäin levymäisten kaoliinien absorptio-nopeudet /liite 3/ olivat muita pigmenttisarjan päällysteitä pienempiä. Karbonaatti- ja HT- ja Alphagloss-päällysteiden absorptio-nopeudet olivat suurimmat. Sideainetyypeistä PVAc-päällysteiden öljynabsorptionopeudet olivat odotetusti suurimmat, sillä PVAc-lateksipäällysteet olivat sideainepäällysteistä huokoisimpia. Hitaimmin öljyä absorboivat tärkkelyspäällysteet. Seospigmenttisarjan päällysteiden absorptio-nopeudet olivat huomattavasti suurempia kuin SPS-päällysteellä. Tämä havaittiin erityisen selvästi Satinwhite+SPS- ja Alphetex+SPS-päällysteillä. Suuri absorptio-nopeus johtui ilmeisesti siitä, että seospigmenteillä saatiin aikaan bulkkisempi rakenne /55/.

Kalanteroitujen päällysteiden öljynabsorptionopeudet olivat pienempiä kuin laboratorio-päällysteiden, mikä selittyy päällysteen tiivistymisellä kalanteroinnin aikana. Erityisesti karbonaattipäällysteiden absorptio-nopeudet olivat huomattavasti hidastuneet. Sideainesarjan päällysteiden öljynabsorptionopeudet eivät juuri poikenneet vastaavista laboratoriopäällysteiden arvoista. Seospigmenttisarjasta Satinwhite+SPS-päällyste absorboi öljyä selvästi nopeimmin.

13.2.4 Profiilimittaustulokset

Pintaprofiilimittaus tehtiin ainoastaan kalanteroiduille näytteille ja painamattomalle pinnalle mittauslaitteiston vaatiman suuren näytekoon takia (5x40 cm). Pintaprofiilimittaustulokset on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Pintaprofiilimittauksen karheusprofiilien hajonnat.

Päällysteiden karheutta kuvaavat pintaprofiilin keskihajonnat olivat pieniä eikä eri pastojen välillä ollut suuria eroja. Pigmenttisarjasta ainoastaan Setacarb ja sideainesarjasta SB-lateksia sisältävä päällyste no 10 eroavat muista merkittävästi. Setacarb-päällysteen keskihajonta oli yllättävän korkea. Hienojakoisimmilla pigmenttipäällysteillä (>80 % alle 2 µm) oli havaittavissa, että pigmentin partikkelikoon pienentyessä karheusarvot alkoivat suurentua. Sideainesarjan papereista PVAc-lateksipäällysteen nro 12 hajonta oli pienin ja karhein oli SB-lateksipäällyste nro 10. PVAc-lateksipäällysteitä lukuunottamatta sideainemäärän lisäys vaikutti karheutta suurentavasti. Seospigmenttipäällysteiden hajonnat olivat odotetusti alhaisempia kuin SPS-päällysteellä.

13.2.5 Mitutoyo-karheusmittauksen tulokset

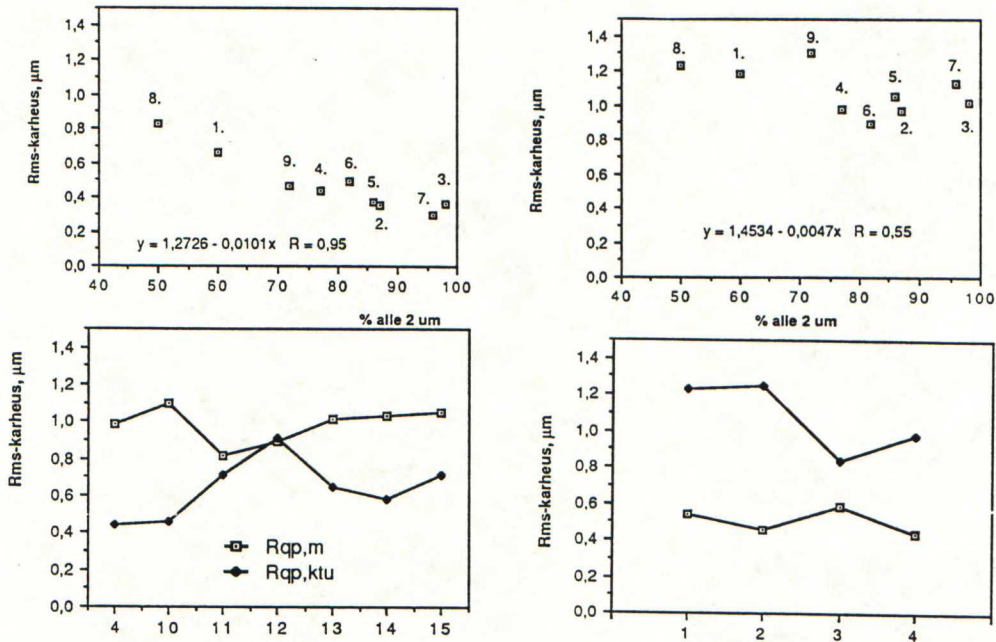
Mitutoyo-karheudet määritettiin laboratorio- ja kalanteroiduille päällysteille.

Painamaton pinta

Kuten kuvasta 21 voidaan havaita, oli pigmentin partikkelikoko selvästi yhteydessä laboratoriopäällysteiden Mitutoyo-karheusarvoihin. Selitysaste oli hyvin korkea, jopa 90% lineaarista regressiomallia käyttäen. Mitä suurempi oli pigmentin partikkelikoko, sitä suurempi oli painamattoman pinnan rms-karheus. Muista karheusmittauksista poiketen suurimmat karheusarvot määritettiin talkkipäällysteestä. Sideainesarjan päällysteiden rms-karheustulokset olivat samansuuntaisia muiden karheusmääritysten kanssa sideainemäärän suhteen siten, että karheusarvot kasvoivat hieman sideainemäärän kasvaessa lukuunottamatta PVAc-lateksipäällystettä no 13. Sideainetyypeistä SB-lateksia sisältäneiden päällysteiden karheudet olivat pienimmät ja PVAc-lateksia sisältäneiden päällysteiden suurimmat. Seospäällysteiden ja SPS-päällysteen rms-karheudet olivat samaa suuruusluokkaa.

Kalanteroitujen papereiden rms-karheudet olivat suurempia kuin laboratoriopäällysteillä. Ainoastaan kalanteroitujen karbonaattipäällysteiden karheudet noudattivat samaa järjestystä kuin laboratoriopäällysteet. Kaoliinipäällysteet käyttäytyvät lähes päinvastaisesti muovikalvoon verrattuna, sillä esimerkiksi HT-päällysteen karheus oli pienin ja Alphagloss-päällysteen suurin. Hyvin hienojakoisilla pigmenteillä oli havaittavissa sama trendi kuin profiilikarheusmittauksessakin eli pigmentin hiukkaskoon pientyessä karheusarvot alkoivat suurentua. Sideainesarjan päällysteillä karheusarvot suurenivat

kuten laboratoriopäällysteilläkin sideainemäärän kasvaessa, selvimmin tämä on havaittavissa PVAc-lateksipäällysteillä. Sideainetyypeistä PVAc-lateksipäällysteet olivat sileimpiä ja SB-lateksipäällysteet karheimpia eli järjestys oli päinvastainen kuin laboratoriopäällysteillä. Seospigmenttisarjasta ainoastaan Alphatex+SPS-päällysteen rms-karheus oli hieman pienempi kuin SPS-päällysteellä, muilla seospäällysteillä rms-karheudet olivat suurempia.



Kuva 21abc. Mitutoyo-rms-karheudet kalanteroiduilla ja laboratoriopäällysteillä.

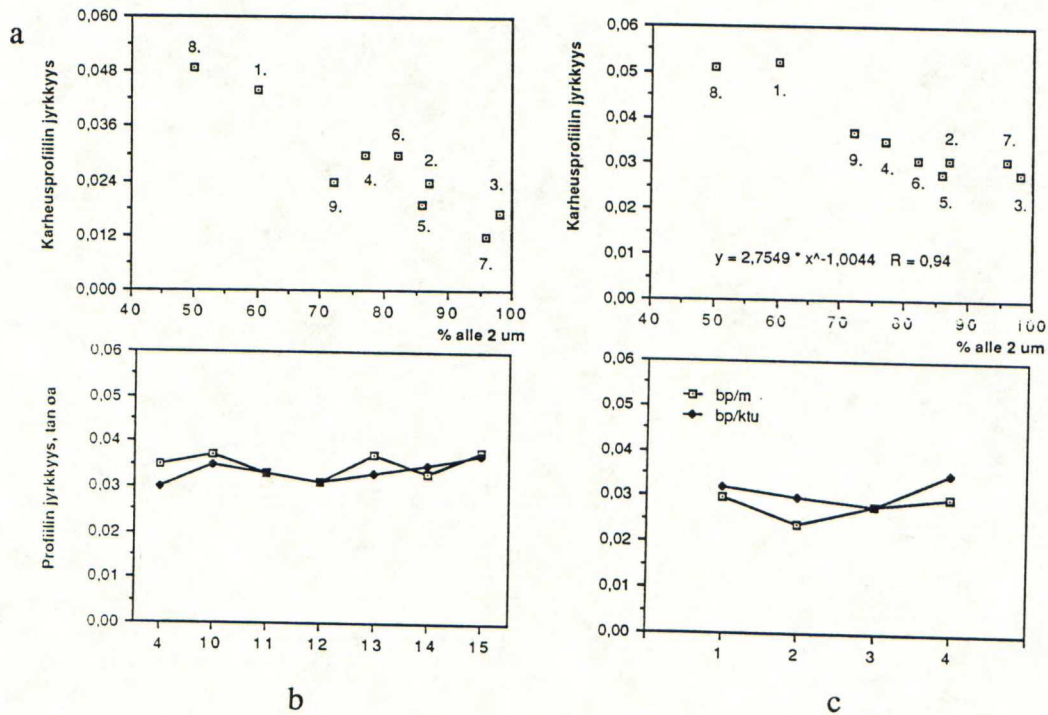
a = Pigmenttisarjan päällysteet

b = Sideainesarjan päällysteet

c = seospigmenttisarjan päällysteet

Hienojakoisimpia pigmenttejä sisältäneiden päällysteiden karheusprofiilit olivat pigmenttisarjan laboratoriopäällysteistä selvästi loivimpia, pigmentin partikkelikoko selitti karheusprofiilin jyrkkyyksistä 88% /kuva 22/. Sideainesarjan päällysteillä, lukuunottamatta PVAc-päällystettä no 11, karheusprofiilin jyrkkyys hieman suureni sideainemäärän kasvaessa, mikä ilmenee selvimmin SB-päällysteen karheusarvoja tarkasteltaessa. Seospigmenttisarjan päällysteiden karheusprofiilien jyrkkyydet olivat yllättävän korkeita ollen samaa suuruusluokkaa kuin SPS-päällysteellä.

Kalanteroitujen papereiden karheusprofiilit olivat yleisesti ottaen jyrkempiä kuin muovikalvolla. Kaoliinien keskinäiset erot pienenivät laboratoriopäällysteistä kalanteroituihin papereihin mentäessä selvästi. Kalanteroiduilla papereillakin pigmentin partikkelikoko oli merkittävä päällysteen karheusprofiilin jyrkkyyttä selittävä tekijä. Aivan hienoimmilla pigmenttilaaduilla profiilin jyrkkyyks ei enää pienentynyt. Sideainesarjan päällysteillä karheusprofiilit jyrkkenevät kuten muovikalvollaakin sideainemäärän kasvaessa. PVAc-lateksipäällyste 11 poikkeaa edelleen jyrkkyydsarvonsa suhteen muista päällysteistä. Sideainetyypillä ei ollut selvää vaikutusta karheusprofiilin jyrkkyyteen. Lisättäessä seospigmenttiä SPS-päällysteeseen pienenivät profiilien jyrkkyydet.



Kuva 22abc. Päällysteiden karheusprofiilien jyrkkyydet.

a = Pigmenttisarjan päällysteet

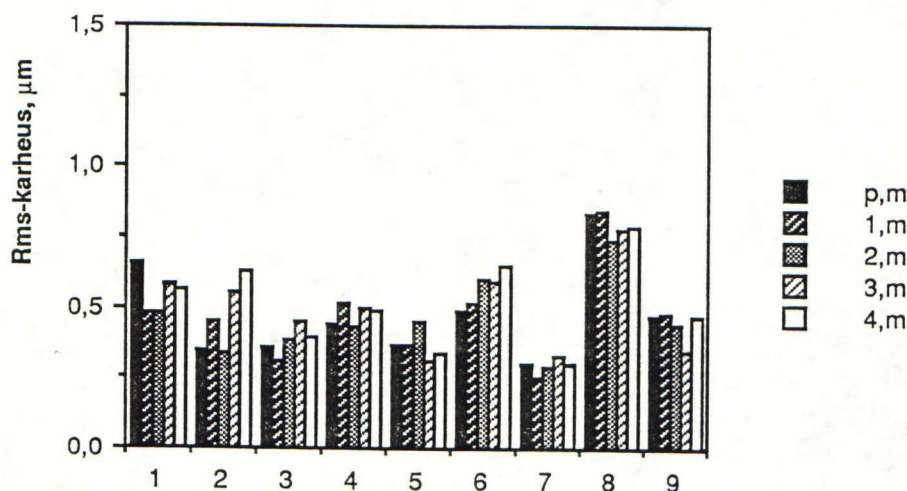
b = Sideainesarjan päällysteet

c = seospigmenttisarjan päällysteet

Painojälki

Tarkasteltaessa laboratoriopäällysteiden painojälkien karheusarvoja ei havaittu selvää riippuvuutta painovärimäärän ja rms-karheuden välillä. Melko useilla pigmentti-, sideaine- ja seospigmenttisarjan päällysteillä painoväri jopa kasvatti pinnan karheusarvoja /kuva 23abc/. Jos tarkastellaan esimerkiksi seospigmenttisarjan päällysteitä, havaitaan, että painojäljen rms-karheusarvot suurenevät painoalustan rms-karheuteen verrattuna HC 90+SPS- ja Satinwhite+SPS-päällysteillä. Alphatex+SPS-päällysteen karheudet sen sijaan pienenevät värimäärän kasvaessa.

Kalanteroiduilla papereilla painojäljen karheusarvot olivat saman suuntaisia kuin painoalustalla. Vain joillakin päällysteillä kuten esimerkiksi Nuclay-päällysteellä painojäljen karheusarvot olivat pienempiä kuin painoalustalla. Sideainesarjan päällysteillä painoväri ei vaikuttanut yksiselitteisesti karheusarvoihin. Seospigmenttisarjasta Satinwhite+SPS- ja HC 90+SPS-päällysteiden karheusarvot olivat huomattavasti painamatonta pintaa pienemmät. Alphatex+SPS-päällysteellä painojäljen karheusarvot kasvoivat painoväriä lisättäessä eli tilanne oli seospastojen osalta päinvastainen kuin muovikalvolla.



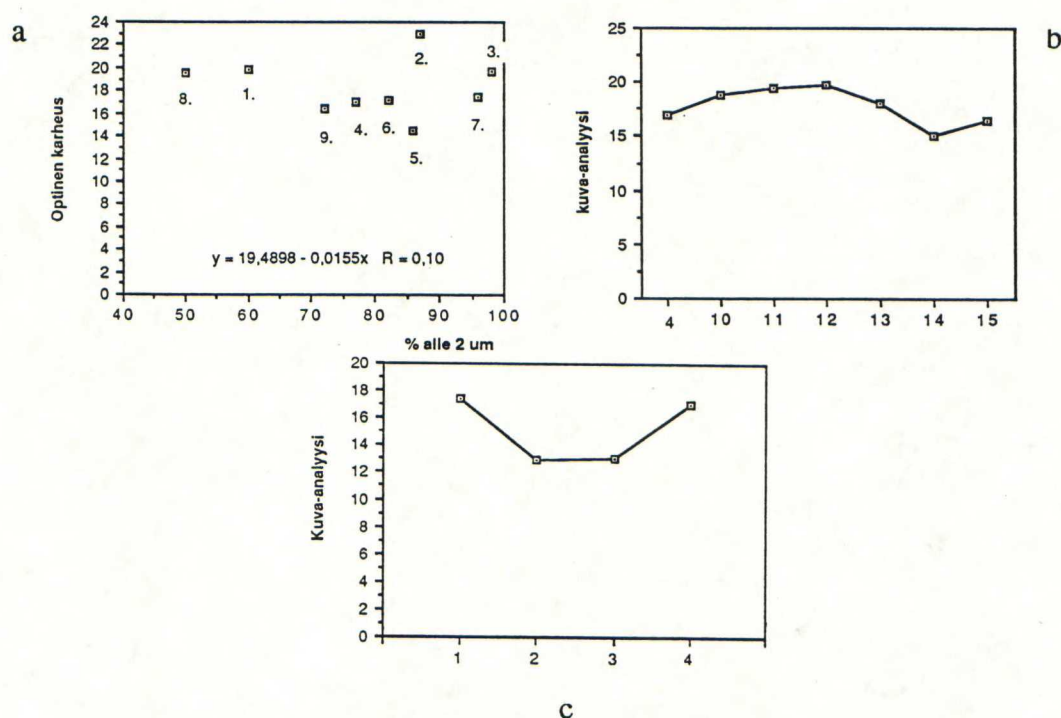
Kuva 23 abc. Painovärin vaikutus rms-karheuksiin.

Pigmentti- ja seospigmenttisarjan päällysteillä ei painoväriin havaittu vaikuttavan merkittävästi karheusprofiiliin jyrkkyyteen. Sideainesarjan laboratoriopäällysteillä profiiliin jyrkkyys näyttäisi pienenevän painovärimäärän kasvaessa, kun kyseessä ovat karheammat eli eniten sideainetta sisältävät päällysteet /kuva 24/. Tämä ilmiö oli havaittavissa erityisesti tärkkelyspäällysteillä.

Painoväriin vaikutus kalanteroitujen päällysteiden karheusprofiiliin oli laboratoriopäällysteitä vähäisempi. Kalanteroiduista päällysteistä ainoastaan HC 60-päällysteen osalta voitiin todeta, että painoväri loivensi selvästi karheusprofiilia värimäärän kasvaessa. Sideainesarjan päällysteillä painojäljen profiili oli karkeasti ottaen loivempi kuin painoalustalla, joskin painovärimäärän kasvaessa esiintyi vaihtelua karheusarvoissa. Seospigmenttisarjan profiilien jyrkkyysarvot vaihtelivat niin ikään melko runsaasti. Ainoastaan Setacarb+SPS-päällysteen karheusprofiili loiveni painoväriä lisättäessä.

13.2.6 Optinen karheusmittaus

Kuva-analyysin tulokset on esitetty kuvassa 24 abc. (a = pigmenttisarjan päällysteet, b = sideainesarjan päällysteet, c = seospigmenttisarjan päällysteet).



Kuva 24. Optisen karheusmittauksen tulokset.

Kuten kuvasta voidaan havaita, olivat kaoliinipäällysteet karbonaattipäällysteitä sileämpiä. Muista karheusmittauksista poiketen HC 90-karbonaattipäällyste oli koko pigmenttisarjan karhein. Sideainetyypeistä tärkkelystä sisältävät päällysteet olivat sileimpiä ja PVAc-lateksipäällysteet karheimpia. Karheusarvot suurenivat odotetusti sideainemäärän kasvaessa lukuunottamatta PVAc-lateksipäällystettä no 13. Seospigmenttisarjasta Satinwhite+SPS- ja Alphatex+SPS-päällysteiden karheudet olivat selvästi pienempiä kuin pelkkää SPS-kaoliinia sisältäneellä päällysteellä.

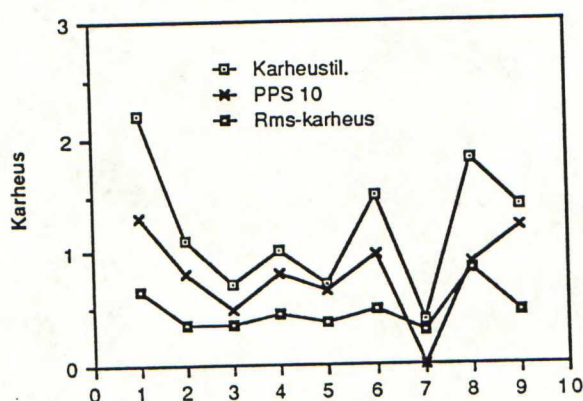
13.2.7 Karheusmittausten vertailua

Karheusmittausten välisten lineaaristen regressiosuorien korrelaatiokertoimet on esitetty liitteessä 6. Korrelaatiot on saatu lineaarisella sovituksella määritetyistä regressiosuorista. Regressiosuorat laskettiin pigmenttisarjan yhdeksän näytteen karheusarvojen avulla.

Painamaton pinta

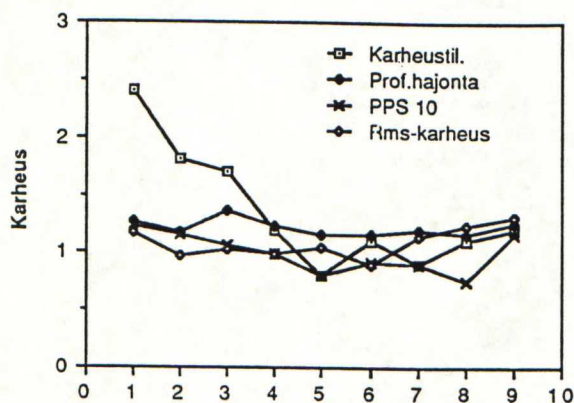
Kuvassa 25 on esitetty samassa koordinaatistossa laboratoriopäällysteille tehdyistä karheusmäärittämisistä karheustilavuus suulakelevitysmenetelmällä määritettynä, PPS-karheus ja rms-karheudet. Kuten kuvasta voidaan havaita, noudattavat edellämainittujen karheusmäärittäysten tulokset samaa trendiä siten. Mittaukset asettavat päällysteet samaan karheusjärjestykseen vaikka eri menetelmät eivät erottelekaan päällysteitä yhtä hyvin toisistaan. Selkeimmät erot eri päällysteiden välillä saatiin suulakelevitysmenetelmällä. Sen sijaan esimerkiksi profiilikarheusmittarilla (Mitutoyo) määritetyn rms-karheuden mukaan karheudet olivat pieniä eikä päällysteiden välillä ollut suuria eroja. Karheusmittaukset erottelevat päällysteet muovikalvolla pääasiassa partikkelikoon mukaan. Talkin suuri muototekijä näkyy tuloksissa kuitenkin alhaisempina karheusarvoina kuin partikkelikoon mukaan oli ennustettavissa. Ainoastaan rms-karheuden mukaan talkkipäällyste oli karheampi kuin muut päällysteet. Rms-arvojen määrittäjätekijänä näyttäisikin olevan päällystepigmentin partikkelikoko.

Laboratoriopäällysteillä karheustilavuus selittää merkittävästi sekä PPS- että rms-karheuksia. Selitysasteet vaihtelevat 72%:sta 76:iin. Lisäksi PPS-karheus korreloi tilastollisesti merkittävästi Bendtsen-karheuden kanssa. Muiden karheusmäärittäysten väliset yhteydet eivät ole merkittäviä muovikalvolla.



1 = HC 60, 2 = HC 90, 3 = Setacarb, 4 = SPS, 5 = Nuclay,
6 = HT, 7 = Alphagloss, 8 = Talkki, 9 = kipsi

Kuva 25. Pigmenttisarjan päällysteiden karheustilavuus, PPS 10 ja rms-karheus muovikalvolla.



Kuva 26. Kalanteroitujen papereiden karheustilavuus, PPS 10-, rms- ja profiilikarheus.

Kuvassa 26 on esitetty pigmenttisarjan kalanteroitujen papereiden karheustilavuus, profiili-, rms-sekä PPS-karheus samassa koordinaatistossa. Kuten kuvasta näkyy, eivät karheusmittarit erottele kalanteroituja papereita yhtä selvästi kuin laboratoriopäällysteitä. Kalanteroitujen papereiden karheusmäärittämisestä ainoastaan karheustilavuus ja kuva-analyysimäärittäykset korreloivat merkittävästi keskenään. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että eri mittausmenetelmät painottavat päällysteen ominaisuuksia eri tavoin. Esimerkiksi karheustilavuusmäärittämisessä korostuu partikkelimuodon merkitys partikkelikoon ohella. Karheustilavuus erottelee toisistaan karbonaatti- ja kaoliinipäällysteet, lisäksi talkin suuri muototekijä ja Nuclay-pigmentin levymäisyys näkyivät tuloksissa. Tältä osin karheustilavuusmäärittäysten tulokset tukevat kirjallisuudessa esitettyjä tietoja /56/. Kuva-analyysituloksissa erottui myös partikkelimuodon vaikutus ja delaminoinnin merkitys korostui kaoliinipäällysteillä, vaikka kuva-analyysin mukaan kaoliineilla karheus muuten suureni partikkelikoon pienentyessä. Näin ollen karheustilavuus- ja kuva-analyysimäärittämisessä näkyi kalanteroinnin avulla aikaansaatu ns. pinnan deterministisyys, jolloin jalostuneemmat ominaisuudet kuin pelkkä pigmentin partikkelikoko tulevat vallitseviksi. Pintaprofiilimittarit eivät olleet riittävän herkkiä erottamaan päällysteestä partikkelimuodon vaikutusta. Lisäksi sekä profiilikarheuden että rms-karheuden mukaan karheus suureni hienojakoisimmilla pigmenteillä partikkelikoon pienentyessä.

Painojälki

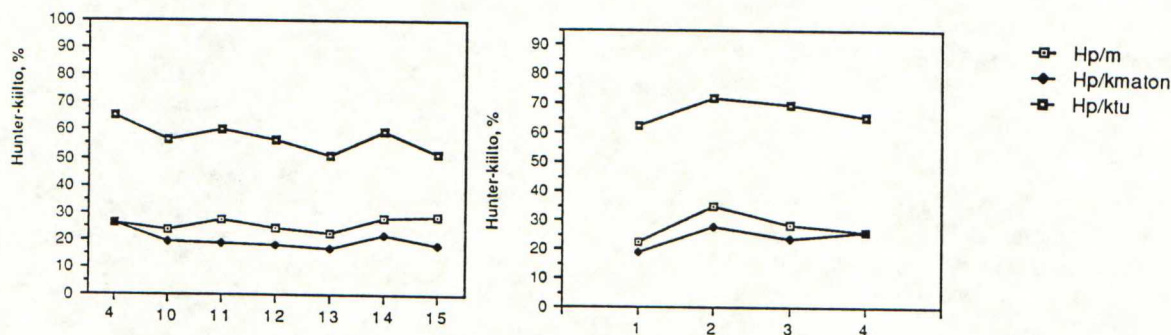
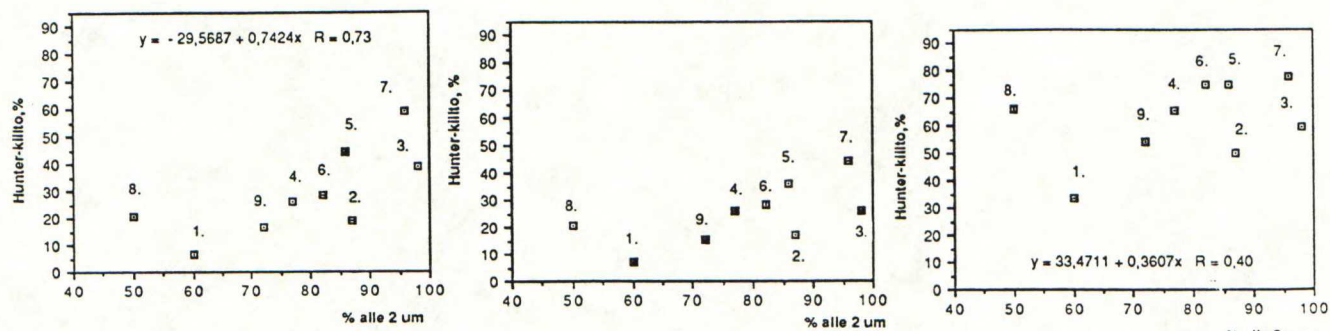
Painojäljessä määritettiin Bendtsen-, PPS- ja rms-karheudet sekä profiilin jyrkkyys (Mitutoyo). Edellämainituista vain painopinnan PPS- ja rms-karheuksien välillä oli tilastollisesti merkittävä korrelaatio muovikalvolla. Kalanteroitujen päällysteiden painojäljen karheudet eivät olleet yhteydessä toisiinsa. Tästä huolimatta esimerkiksi PPS- ja Bendtsen-karheudet ovat hyvin samansuuntaisia. PPS-karheusarvojen luotettavuutta heikentää rinnakkaismääritysten puuttuminen. Näin alhaisilla karheusarvoilla mittausvirheet voivat vaikuttaa tuloksiin. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että karheusmäärittämisestä PPS- ja Bendtsen-karheus erottivat painoväriin vaikutuksen karheusarvoihin. Karheudet pienenevät painoväriin vaikutuksesta. Joissakin tapauksissa pienin värimäärä antoi kuitenkin suuremman karheusarvon kuin painamaton pinta. Sen sijaan mikään menetelmä ei erottanut karheusprofiilin täyttymistä painoväriin. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että on kyse niin pienen mittaluokan karheusarvoista, ettei mittalaitteiden tarkkuus riitä havaitsemaan eroja eri painovärimäärien välillä.

13.3 Tulokset kiiltomittauksista

13.3.1 Hunter-kiilto

Painamaton pinta

Päällystepigmentin partikkelikoon vaikutus painamattoman pinnan kiiltoarvoihin oli selvä. Karbonaattipigmenteillä, jotka erosivat toisistaan lähinnä vain hiukkaskoon osalta, kiiltoarvot olivat sitä suuremmat mitä pienempi oli pigmentin partikkelikoko. Sama trendi oli havaittavissa myös kaoliinipäällysteillä. Ainoastaan talkki poikkesi huomattavasti partikkelikoon ja painoalustan kiiltojen välisestä regressiosuorasta kuten jo aiemmin karheusmäärittäystenkin yhteydessä voitiin havaita. Talkki muodostaa kiiltävämpiä päällysteitä kuin hiukkaskoon perusteella voisi ennustaa. Kaiken kaikkiaan laboratorio-päällysteiden kiiltotasojen erot olivat melko suuria kiiltoarvojen vaihdellessa n. 6-59 kiiltoyksikköön. Sideainesarjan päällysteiden kiiltotasoissa ei voitu havaita yhtä suuria eroja. Sideainetyypeistä turpoava tärkkelys muodosti kiiltävimmän päällysteen ja eniten sideainetta sisältäneen PVAc-lateksipäällysteen kiiltotaso oli alhaisin. SB- ja PVAc-lateksipäällysteillä sideainemäärän kasvu alensi kiiltotasoa. Seospigmenttipäällysteistä etenkin Satinwhite+SPS-päällyste oli selvästi SPS-päällystettä kiiltävämpi. Käytettäessä HC 90-karbonaattia seospigmenttinä painoalustan kiiltotaso laski.



Kuva 27abc. Päälysteiden painamattomien pintojen Hunter-kiillot.

- a = Pigmenttisarjan päälysteet
 b = Sideainesarjan päälysteet
 c = seospigmenttisarjan päälysteet

Kuten kuvasta 27 havaitaan, noudattivat kalanteroimattomien papereiden pigmenttisarjan päälysteiden kiiltoarvot laboratoriopäälysteillä määritettyjä kiiltotuloksia. Hiukkaskoko selitti painoalustan kiilloista 36 %, joten hiukkaskoon ja Hunter-kiillon välillä ei ollut merkittävää tilastollista korrelaatiota. SB-lateksipäälysteellä no 4 oli laboratoriopäälysteistä poiketen sideainesarjan päälysteistä korkein kiilto. Sideainemäärän kasvu alensi kiiltoa kuten laboratoriopäälysteilläkin kaikilla sideainetyypeillä. Selvimmin tämä oli havaittavissa SB-lateksipäälysteillä. Seospigmenttejä käytettäessä painoalustan kiiltoarvot pienenevät verrattuna SPS-päälysteeseen lukuunottamatta Satinwhite+SPS-päälystettä, jonka kiiltotaso oli SPS-päälystettä hieman korkeampi.

Kalanteroitujen papereiden Hunter-kiillot olivat huomattavasti suurempia kuin laboratoriotai kalanteroimattomilla päälysteillä kiiltoarvojen vaihdella 33-78 kiiltoyksikköön. Verrattaessa kaoliini- ja karbonaattipäälysteiden Hunter-kiiltoja toisiinsa voidaan todeta,

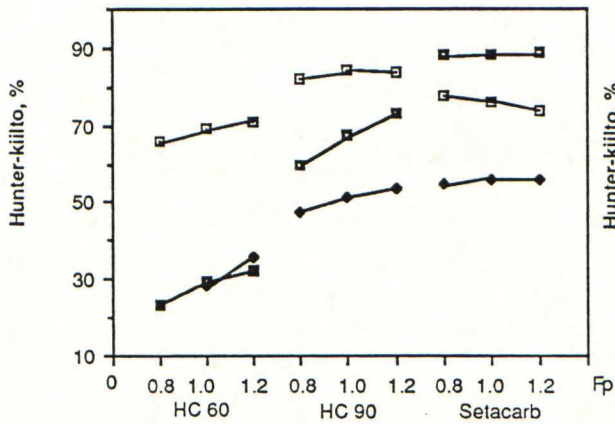
että kaoliinipäällysteiden kiillot olivat selvästi korkeampia kuin karbonaattipäällysteiden. Vaikka kalanteroiduilla päällysteillä pigmentin partikkelikoko ei yleisesti korreloikaan kiiltoarvojen kanssa, voidaan karbonaatti- ja kaoliinipäällysteitä tarkasteltaessa havaita painoalustan kiiltojen kasvavan pigmentin partikkelikoon pienentyessä. Tämän voidaan päätellä olevan seurausta siitä, että Hunter-kiiltomittalaite erottelee päällysteet levymäisyyden mukaan.

Sideainesarjan päällysteiden kiiltojen väliset erot näkyivät kalanteroiduilla papereilla selvemmin kuin muovikalvolla ja kalanteroimattomilla päällysteillä. Tuloksia tarkasteltaessa voidaan havaita, että sideainemäärä vaikutti kiiltotasoon enemmän kuin sideainetyyppi. Kiiltoarvot pienenevät kuten kalanteroimattomillakin näytteillä sideainemäärän kasvaessa siten, että kiiltotason aleneminen saattoi olla jopa kymmenen kiiltoyksikköä. Kiiltävimpiä päällysteitä olivat muovautuvaa sideainetta sisältäneet SB-lateksipäällysteet. Tärkkelyspäällysteiden kiiltoarvot olivat alhaisimmat. Seospigmenttisarjan päällysteistä Satinwhite+SPS- ja Alphatex+SPS-päällysteiden kiiltoarvot olivat selvästi suuremmat kuin pelkkää SPS-pigmenttiä sisältäneellä päällysteellä.

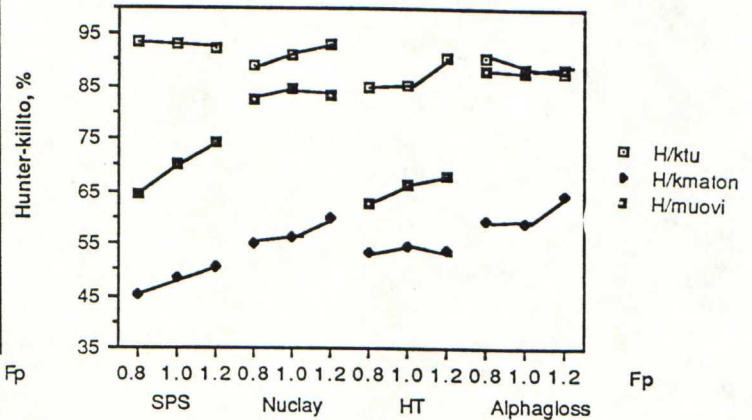
Painojälki

Pigmentti-, sideaine- ja seospigmenttisarjan päällysteiden painetun pinnan Hunter-kiilloista voidaan todeta, että laboratoriopäällysteiden painojäljen kiiltoarvot nousevat Alphagloss-päällystettä lukuunottamatta painovärimäärän kasvaessa. Kiiltoarvot suurenevat eniten karheimmilla päällysteillä. Edellinen pitää paikkansa myös kalanteroimattomien päällysteiden osalta. Vaikka kalanteroiduillakin päällysteillä kiiltävimmillä ja hienojakoisimmilla papereilla painojäljen kiiltotasot oli korkeampi kuin painoalustan kiilto, ei värimäärän lisääminen enää nostanut kiiltoarvoja ja painojäljen absoluuttinen kiiltotasokin jäi alhaisemmaksi kuin vähän karkeammilla kaoliinilaaduilla. Jos tarkastellaan esimerkiksi Alphagloss-päällysteen Hunter-kiiltoja, voidaan havaita, että painojäljen kiiltoarvot jopa pienenevät hieman painovärimäärän kasvaessa.

Alkuperäisistä kiilto-värimäärä -käyristä määritettiin painojäljen kiiltotasot värimäärillä 0,8, 1,0 ja 1,2 g/m². Esimerkkinä kiillon muodostumisesta värimäärän funktiona on esitetty karbonaatti- ja kaoliinipäällysteiden kiillon kehittyminen värimäärän funktiona kuvissa 28 ja 29.

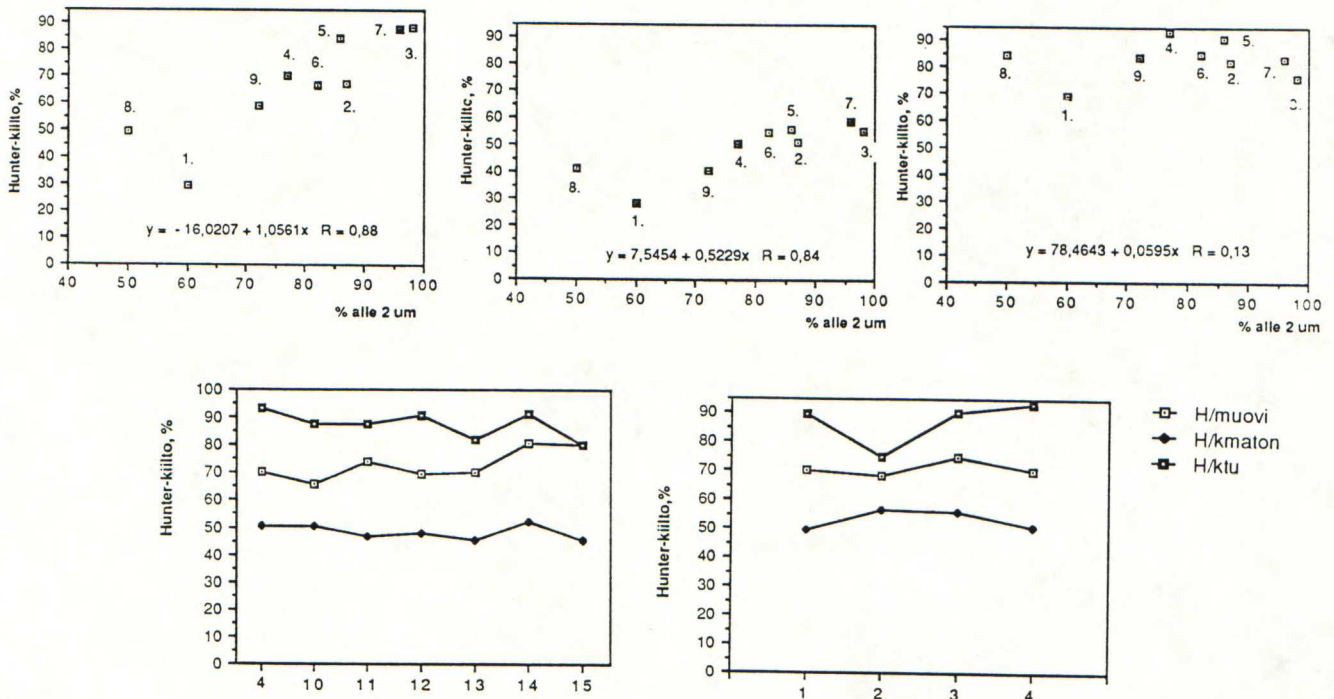


Kuva 28 Karbonaattipäällysteiden kiillon kehittyminen värimäärän kasvaessa.



Kuva 29. Kaoliinipäällysteiden kiillon kehittyminen värimäärän funktiona.

Kuten kuvista voidaan havaita, oli painojäljen kiillon kehittyminen erilaista riippuen pigmenttityypistä ja siitä, onko kyseessä laboratorio-, kalanteroimaton vai kalanteroitu päällyste. Päällysteiden painojälkien Hunter-kiillot painovärimäärän ollessa 1 g/m² on esitetty kuvassa 30abc.



Kuva 30.abc Painettujen pintojen Hunter-kiillot värimäärällä 1.0 g/m².

a = Pigmenttisarjan päällysteet

b = Sideainesarjan päällysteet

c = seospigmenttisarjan päällysteet

Tarkasteltaessa laboratoriopäällysteiden painojälkien kiiltoarvoja huomataan, että päällystepigmentin partikkelikoko korreloi paremmin painojäljen kuin painamattoman pinnan kiiltoarvojen kanssa. Erot eri pigmenttipäällysteiden kiiltoarvojen välillä olivat huomattavia kiiltoarvojen vaihdellessa n 30-88 kiiltoyksikköön. Kuten kuvasta 30b voidaan havaita, olivat painettujen tärkkelyspäällysteiden kiiltoarvot sideainesarjan päällysteistä suurimmat. Alhaisin kiiltotaso oli SB-lateksipäällysteillä. Painojäljen kiilto laski hieman sideainemäärän kasvaessa. Seospigmenttisarjan päällysteistä kiiltävin oli bulkkinen painettu Alphatex+SPS-päällyste. Muiden päällysteiden kiiltotasot olivat samaa suuruusluokkaa kuin SPS-päällysteellä.

Painojäljen kiiltoarvot olivat kalanteroimattomilla papereilla pienempiä kuin muovikalvolla. Pigmenttipäällysteiden tulokset olivat samansuuntaisia kuin laboratoriopäällysteillä mutta erot eri päällysteiden kuten myös sideainesarjan päällysteiden kiiltotasojen välillä olivat pienempiä. Satinwhite+SPS- ja Alphatex+SPS-päällysteet olivat SPS-päällystettä kiiltävämpiä.

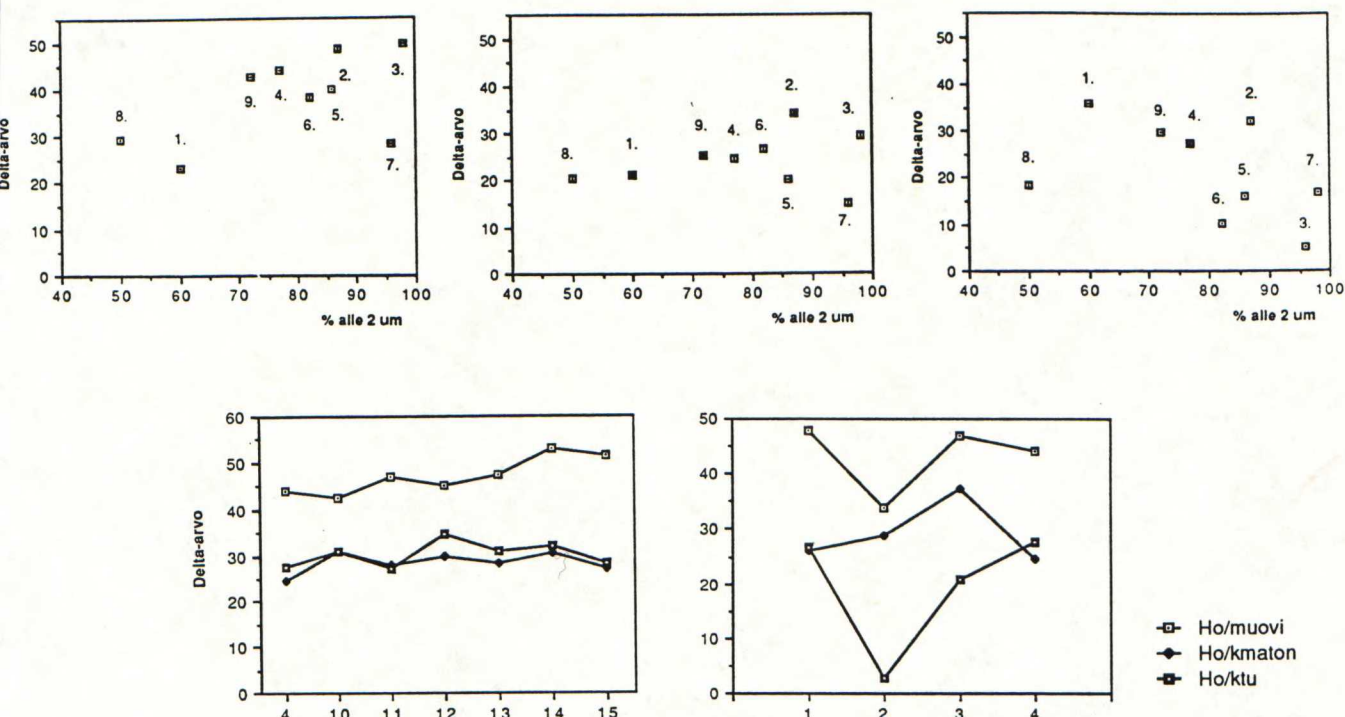
Setacarb- ja Alphagloss-päällysteitä lukuunottamatta kalanteroitujen papereiden painojälkien kiiltoarvot olivat suurempia kuin laboratoriopäällysteillä. SPS- ja Nuclay-päällysteet olivat pigmenttisarjan päällysteistä selvästi painokiilloltaan suurimpia (91-93 % Hunter-yksiköissä). Yleisesti ottaen kaoliinipäällysteiden kiillot olivat korkeampia kuin karbonaattipäällysteillä. Pigmentin partikkelikoko ei vaikuttanut yksiselitteisesti painojäljen kiiltotasoon, hienoimmilla (>80 % alle 2 μm) pigmenttilaaduilla painojäljen kiiltoarvot jopa laskivat pigmentin partikkelikoon pienentyessä. Talkki- ja kipsipäällysteet poikkesivat laboratorio- ja kalanteroimattomista näytteistä korkean painokiillonsa osalta. Sideainesarjan päällysteiden kiillot laskivat sideainemäärän kasvaessa lukuunottamatta PVAc-lateksipäällystettä, jolla korkein kiilto saavutettiin keskimmaisella sideaineosuudella (päällyste no 12). Sideainetyypin vaikutus kiiltoarvoihin vaihteli eri sideaineosuuksilla. Seospigmenttisarjan päällysteiden painojäljen kiiltoarvot olivat alhaisempia kuin pelkkää SPS-kaoliinia sisältäneellä päällysteellä. Etenkin Satinwhite+SPS-päällysteen painokiilto jäi yllättävän pieneksi muihin seospastoihin ja SPS-päällysteeseen nähden.

Delta-arvo

Tarkasteltaessa karbonaattien laboratoriopäällysteiden painojäljen ja painamattoman pinnan kiiltojen erotusta kiiltoyksiköissä eli ns. delta-arvoa voidaan havaita, että delta-arvo oli sitä suurempi mitä pienempi oli päällysteessä käytetyn pigmentin partikkelikoko. Painoväri pystyi siis vaikuttamaan näillä pinnoilla painojäljen kiiltotasoon kiiltoyksiköissä eniten. Kaoliinipäällysteet poikkesivat tästä trendistä siten, että HT-päällystettä lukuunottamatta delta-arvot pienenevät partikkelikoon pienentyessä. Sideainesarjan päällysteistä painojäljen ja painoalustan kiiltojen erotus oli suurin tärkkelyspäällysteillä. SB-päällysteillä painoväri nosti kiiltoa painoalustan kiilttoon nähden vähiten. Sideainemäärän ja delta-arvon välinen yhteys vaihteli eri sideainetyypeillä eikä selvää trendiä ollut havaittavissa. Seospigmenttisarjan päällysteistä painoväri nosti painojäljen kiiltoa verrattuna painoalustan kiilttoon vähiten Satinwhite+SPS-päällysteellä, jonka delta-arvo jäi huomattavasti alhaisemmaksi kuin muilla seos- ja SPS-päällysteellä.

Kalanteroimattomien papereiden delta-arvot olivat samansuuntaisia mutta pienempiä kuin laboratoriopäällysteillä. Kuten kuvasta 31 voidaan havaita, olivat pigmenttipäällysteiden väliset erot suuria. Sideainetyypin ja delta-arvojen väliset yhteydet vaihtelivat eri sideaineosuuksilla ja sideainemäärän vaikutus delta-arvoihin oli päinvastainen kuin laboratoriopäällysteillä. Seospigmenttipäällysteistä etenkin Satinwhite+SPS- ja Alphatex+SPS-päällysteillä painoväri pystyi kasvattamaan painojäljen kiiltoa enemmän kuin SPS-päällysteellä.

Kalanteroitujen papereiden painojäljen ja painoalustan kiiltojen väliset erotukset olivat muutamaa poikkeusta lukuunottamatta pienempiä kuin laboratoriopäällysteillä. HC 60-karbonaattipäällysteen delta-arvo oli, toisin kuin laboratorio- tai kalanteroimattomilla päällysteillä, pigmenttisarjan näytteistä suurin. Delta-arvot näyttävät pienenevän pigmentin hiukkaskoon pienentyessä. Sideainetyypin vaikutus delta-arvoon vaihteli eri sideaineen tilavuusosuuksilla. Sideainemäärän vaikutus delta-arvoihin oli samansuuntainen kuin kalanteroimattomilla päällysteillä. Seospigmenttisarjan päällysteiden delta-arvot olivat pienempiä kuin SPS-päällysteellä. Etenkin Satinwhiten lisääminen SPS-päällysteeseen pienensi delta-arvoa huomattavasti.



Kuva 31abc. Päällysteiden Hunter-kiiltojen delta-arvot.

a = Pigmenttisarjan päällysteet

b = Sideainesarjan päällysteet

c = seospigmenttisarjan päällysteet

Kiillonmuodostusteho

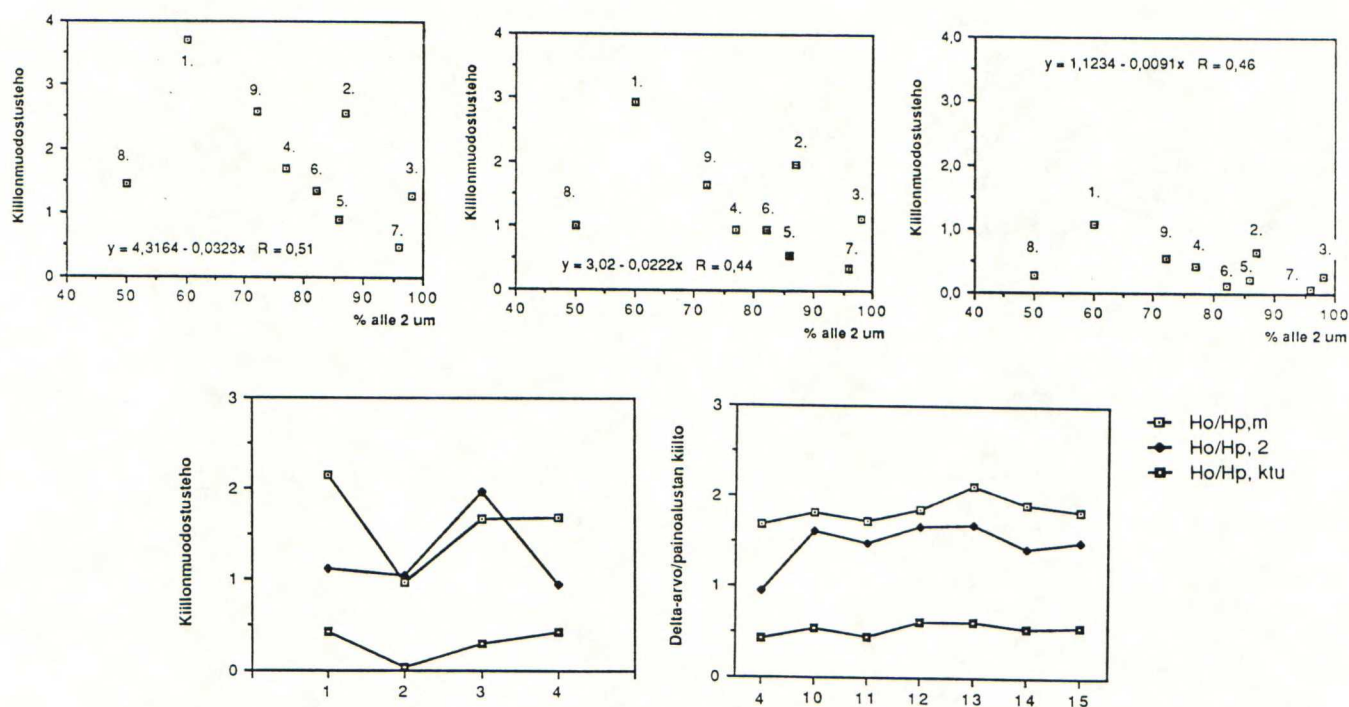
Koska päällysteiden alkuperäiset kiiltotasot olivat hyvin erilaiset, voidaan painovärin tehoa painojäljen kiillonmuodostajana tarkastella myös suhteuttamalla delta-arvot painamattoman pinnan kiiltoon. Tätä suuretta kutsutaan seuraavassa kiillonmuodostustehoksi.

Painovärin kyky nostaa painojäljen kiiltotasoa oli yleisesti ottaen suurin laboratoriopäällysteillä /kuva 32/. Päällysteiden kiillonmuodostusteho noudatti käännteistä pigmentin partikkelikokojärjestystä sekä karbonaatti- että kaoliinipäällysteillä. Pigmenttisarjasta tästä trendistä poikkesivat lähinnä vain talkkipäällysteet. Sideainesarjan päällysteillä painoväri vaikutti eri päällysteillä lähes yhtä paljon kiiltoon. Päällysteiden kiillonmuodostusteho näyttäisi hieman kasvavan sideainemäärän kasvaessa. Seospigmenteistä varsinkin SPS+HC 90-päällysteen kiillonmuodostusteho oli korkea, mutta myös SPS+Alphatex-päällysteen kiillonmuodostuskyky oli suurempi kuin SPS-kaoliinilla. Satinwhite+SPS-päällysteellä painoväri ei kykene nostamaan painetun pinnan kiiltoa suhteessa painamattoman pinnan kiiltoon siinä määrin kuin muilla seospigmenteillä tai SPS-päällysteellä.

Oletettavasti Satinwhite+SPS-päällysteestä muodostui jopa liiankin huokoinen päällyste, johon painoväriin liuottimen lisäksi absorboituu sideainetta. Tällöin esiin työntyvät painoväripigmenttipartikkelit sirottavat valoa ja laskevat saavutettavissa olevaa kiiltotasoa.

Kalanteroimattomilla papereilla tulokset olivat samansuuntaiset kuin laboratoriopäällysteillä vaikka kiillonmuodostustehot olivat alhaisempia. Lähinnä vain pigmenttisarjasta SPS- ja seospigmenttisarjasta HC 90+SPS-päällysteellä painoväriin vaikutus painojäljen kiiltotasoon poikkesi laboratoriopäällysteillä ilmenneestä trendistä.

Kalanteroituja papereita tarkasteltaessa voidaan havaita, ettei painoväri enää juuri kyennyt nostamaan painojäljen kiiltotasoa, varsinkaan hienojakoisimmilla pigmenteillä. Päällysteiden kiillonmuodostusteho jäi merkittävästi alhaisemmalle tasolle kuin laboratorio- ja kalanteroimattomilla päällysteillä. Eri pigmenttipäällysteiden väliset erot olivat kaventuneet selvästi. Muuten tulokset olivat samansuuntaisia kuin laboratoriopäällysteillä. Sideainesarjan päällysteillä painoväriin teho kiillonmuodostajana ei vaihdellut merkittävästi. Eniten sideainetta sisältänyt PVAc-lateksipäällyste (13) erosi muista korkeamman kiillonmuodostustehonsa takia. Seospigmenttisarjasta Satinwhite+SPS-päällysteellä painoväri nosti tuskin ollenkaan painojäljen kiiltoa suhteessa painoalustan kiiltoon, HC 90+SPS- ja Alphatex+SPS-päällysteillä vähän enemmän.

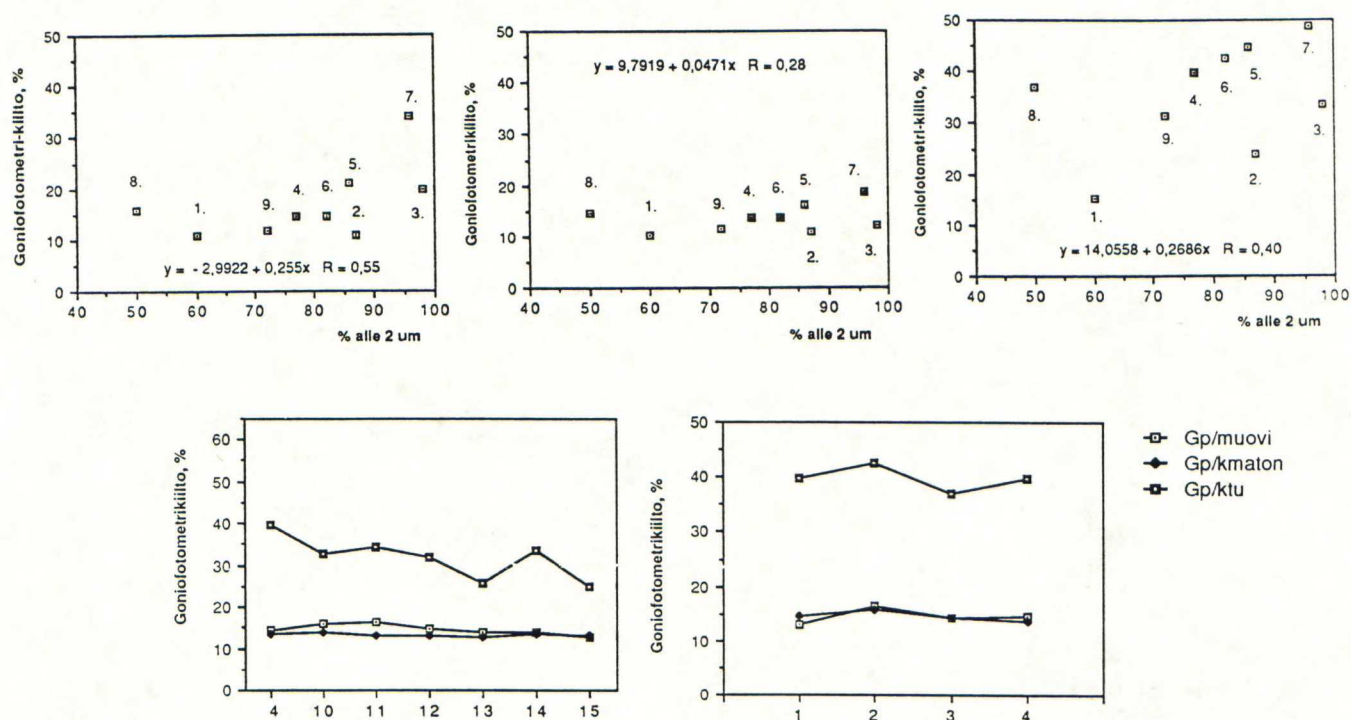


Kuva 32abc. Päällysteiden kiillonmuodostustehot Hunter-mittalaitteen mukaan.

13.3.2 Kiilto goniofotometrilla

Painamaton pinta

Goniofotometrilla määritetyt pigmenttisarjan päällysteiden painamattoman pinnan kiiltoarvot on esitetty kuvassa 33.



Kuva 33abc. Päällysteiden painamattoman pinnan goniofotometrikiillot.

a = pigmenttisarja

b = sideainesarja

c = seospigmenttisarja

Laboratoriopäällysteiden painoalustan kiiltoja tarkasteltaessa voidaan havaita, että tulokset olivat samansuuntaisia Hunter-määritysten kanssa eli painoalustan kiilto yleisesti ottaen kasvoi pigmentin partikkelikoon pienentyessä. Eri sideainesarjan päällysteiden kiiltojen välillä ei ollut suuria eroja. Sideainemäärän kasvu alensi hieman kiiltotasoa lukuunottamatta SB-lateksipäällysteitä. Seospäällysteistä kiiltävin oli Satinwhite+SPS-päällyste, joka oli myös kiiltävämpi kuin SPS-päällyste. Päällysteiden väliset kiiltoerot eivät kuitenkaan olleet suuria.

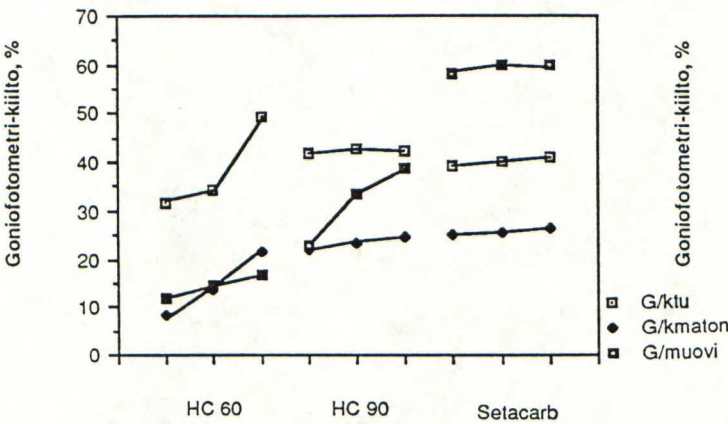
Kalanteroimattomien pigmentti- ja sideainesarjan papereidenkin kiiltoarvot olivat samansuuntaisia kuin Hunter-mittalaitteella, eivätkä tulokset poikenneet merkittävästi laboratoriopäällysteistä määritetyistä kiilloista lukuunottamatta aivan hienojakoisimpia päällysteitä. Seospigmenttisarjan kiillot olivat samaa suuruusluokkaa kuin muovikalvolla.

Kalanteroitujen papereiden kiiltotasot olivat, kuten Hunter-mittalaitteen tuloksistakin näkyi, Alphagloss-päällystettä lukuunottamatta korkeammat kuin muilla näytteillä kiiltoarvojen vaihdellessa 15-49 %. Kaoliini- ja karbonaattipäällysteiden kiiltoarvot kasvoivat partikkelikoon pienentyessä ja kaoliinipäällysteet olivat selvästi kiiltävämpiä kuin karbonaattipäällysteet. Talkki- ja kipsipäällysteet sijoittuivat kiiltotasoltaan karbonaatti- ja kaoliinipäällysteiden väliin. Sideainesarjan päällysteiden kiiltotasot vaihtelivat huomattavasti. Kuten kuvasta 33b havaitaan, oli sideainemäärän vaikutus kiiltoarvoihin erittäin merkittävä. Sideainetyypin vaikutus oli sen sijaan vähäisempi. Lisättäessä SPS-kaoliinipigmentin joukkoon neulasmaista Satinwhite-pigmenttiä kasvoivat kiiltoarvot, muiden seospigmenttien osalta tulokset eivät poikenneet paljoa SPS-päällysteestä.

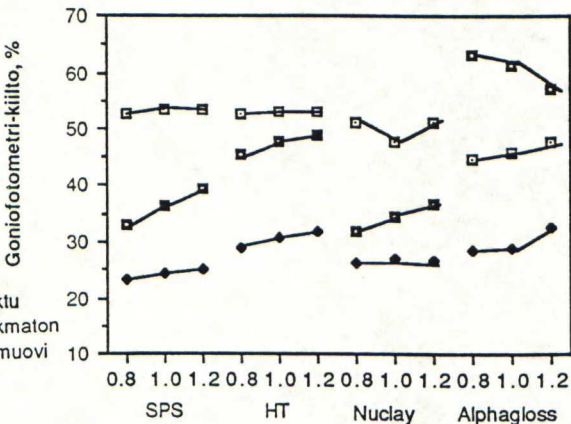
Painojälki

Painetun pinnan gonifotometrikiiltoarvoista voidaan todeta, että laboratorio- ja kalanteroimattomien painojäljen kiiltoarvot kasvoivat painovärimäärän kasvaessa lukuunottamatta Alphagloss-päällystettä. Kalanteroiduista päällysteistä poikkesivat edellä mainitun lisäksi myös Nuclay- ja kipsipäällysteet. Alkuperäisistä kiilto-värimäärä -käyristä määritettiin painojäljen kiiltotasot värimäärillä 0,8, 1,0 ja 1,2 g/m². Goniofotometrillä määritetyt kiiltoarvot olivat samansuuntaisia kuin Hunter-mittarilla. Pigmenttisarjan päällysteiden kiillon kehitymisestä värimäärän kasvaessa on esimerkkinä karbonaatti- ja kaoliinipäällysteiden kiiltotasot värimäärillä 0,8, 1,0 ja 1,2 g/m² kuvissa 34 ja 35.

Kuten kuvasta 35 ja alkuperäisistä kiiltoarvoista voidaan havaita, ilmenee delaminoidun Nuclay-pigmentin levymäisyys myös kiillonmuodostuksessa. Nuclay-päällyste tiivistyy pinnaltaan niin paljon, ettei painoväri pääse tunkeutumaan paljon päällysteeseen. Vaikka painoväri nosti painojäljen kiiltotasoa karheusprofiilin täyttyessä, pysyi kiiltotaso lähes vakiona värimäärän edelleen kasvaessa.

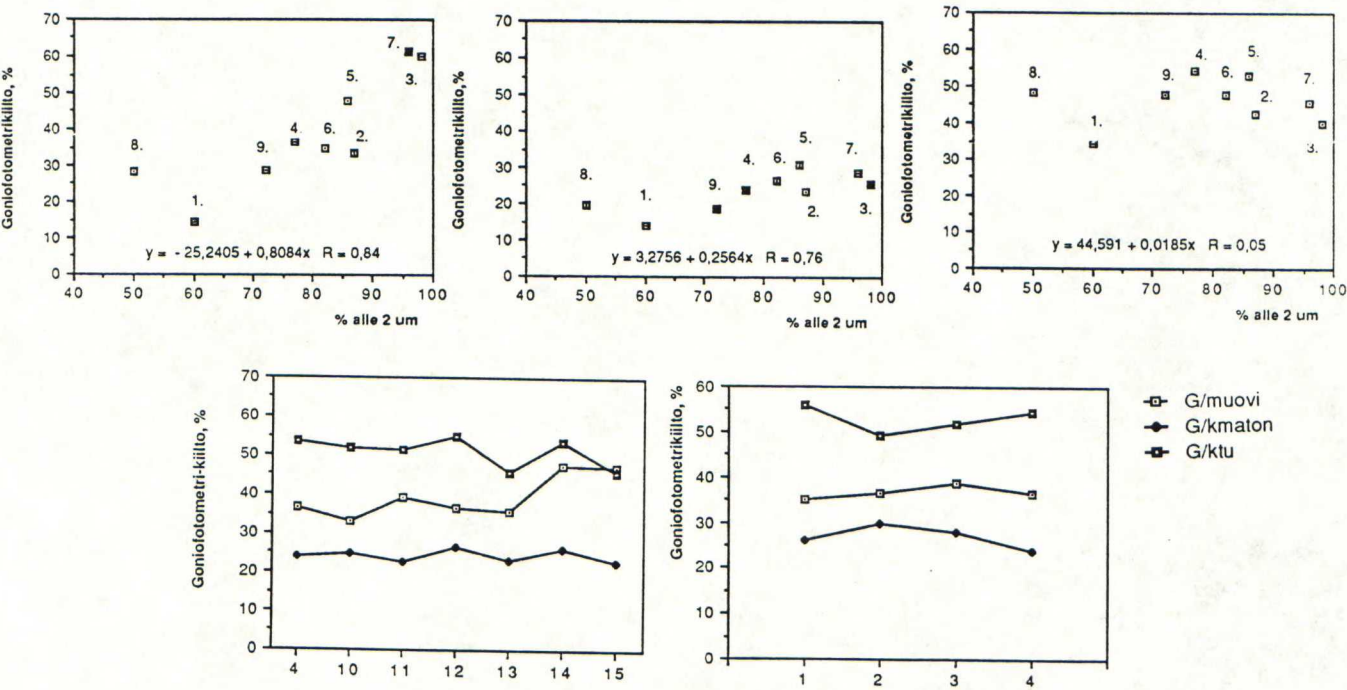


Kuva 34. Karbonaattipäällysteiden kiillon kehittyminen värimäärän kasvaessa.



Kuva 35. Kaoliinipäällysteiden kiillon kehittyminen värimäärän kasvaessa.

Seuraavassa on vertailtu eri päällysteiden välisiä painojäljen kiilloja painovärimäärän ollessa 1,0 g/m². Päällysteiden painokiillot on esitetty kuvassa 36abc.



Kuva 36. Päällysteiden painojälkien goniolotometri-kiillot.

- a = Pigmenttisarja
- b = Sideainesarja
- c = Seospigmenttisarja

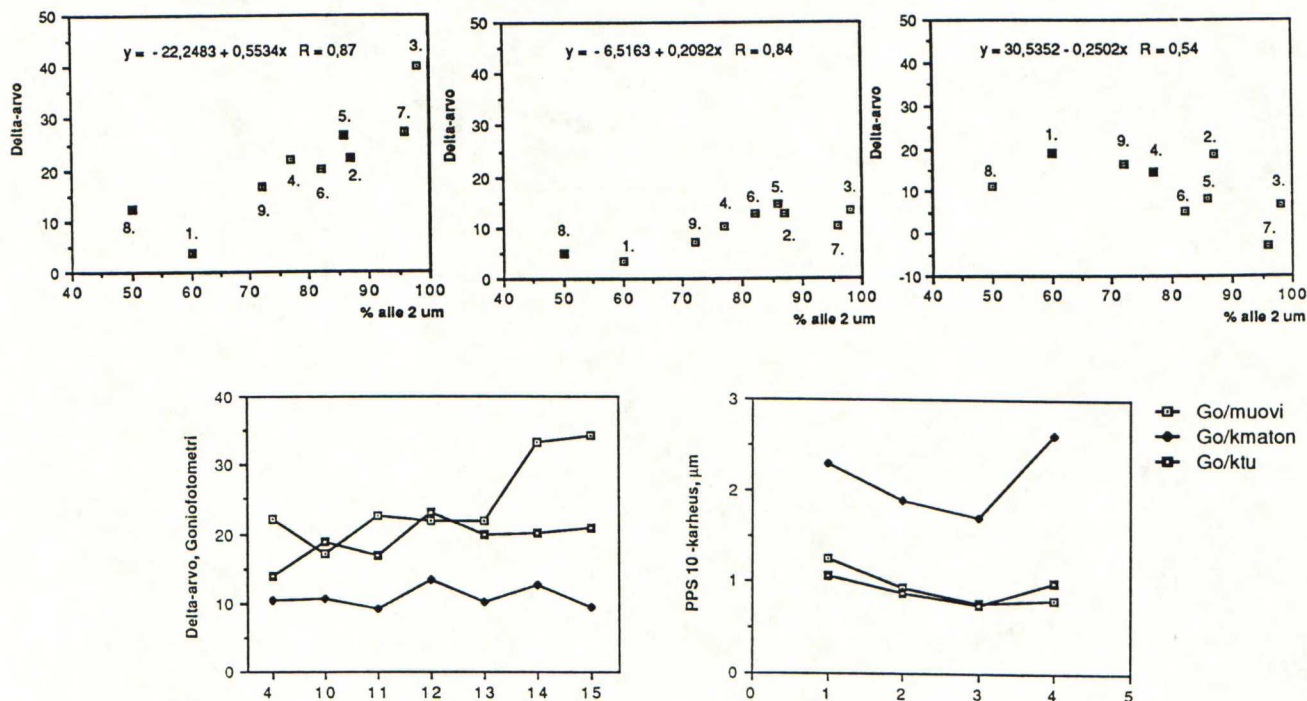
Goniofotometritulokset eivät poikenneet olennaisesti Hunter-määrittämisestä pigmenttisarjan päällysteiden osalta. Pigmentin hiukkaskoko selitti painokiilloista 70 %. Sideainesarjan päällysteistä tärkkelyspäällysteen painojälki oli kiiltävin. Vähiten kiilsivät SB-lateksipäällysteet. Painojäljen kiilto pieneni odotetusti sideainemäärän kasvaessa. Seospigmenttipäällysteiden painojäljen kiiltoarvot eivät juuri poikenneet SPS-päällysteen kiiltotasosta.

Painettujen kalanteroimattomien päällysteiden kiiltoarvot olivat samansuuntaisia kuin muovikalvolla. Eri päällysteiden väliset kiiltoerot olivat kuitenkin kaventuneet. Setacarin kiiltoarvot olivat pienempiä kuin laboratoriopäällysteiden kiiltojen perusteella olisi voinut olettaa. Sideainetyypin vaikutus kiiltotasoon vaihteli eri sideaineosuuksilla. Tärkkelyspäällysteen painetun pinnan kiilto laski sideainemäärän kasvaessa. Muilla sideainetyypeillä sideainemäärän vaikutus kiiltoarvoihin ei ollut merkittävä. Seospigmenttisarjassa SPS-kaoliinin korvaaminen osaksi Satinwhite-pigmentillä näyttäisi nostavan kiiltotasoa eniten. Alhaisin kiiltotaso oli HC 90+SPS -pigmenttiyhdistelmällä.

Kalanteroitujen papereista Alphagloss- ja Setacarb-päällysteiden painojäljen kiiltoarvot jäivät poikkeuksellisesti alhaisemmiksi kuin laboratoriopäällysteillä. Sama ilmiö oli havaittavissa myös Hunter-määrittämisessä. Hienojakoisimmilla päällysteillä painokiilto laski hiukkaskoon pienentyessä kuten jo aikaisemmin Hunter-kiiltojen yhteydessä voitiin todeta. Hyvin hienojakoisella Alphagloss-päällysteellä, jonka painoalustan kiilto oli korkea, painojäljen kiiltotaso jäi jopa painamatonta pintaa alhaisemmaksi. Alphagloss-pigmentti muodostanee hyvin suuren joukon pieniä huokosia, joihin painoväri pääsee tunkeutumaan, minkä johdosta kiiltotaso laskee. Sideainesarjan päällysteiden painojäljen kiiltoarvot olivat samansuuntaiset kuin kalanteroimattomilla papereilla. Kiiltotasoissa esiintyi sen sijaan etenkin tärkkelys- ja PVAc-lateksipäällysteellä suurempia eroja. Sideainemäärä laski kiiltotasoa, jos PVAc-päällysteen no 11 kiiltoarvoa ei oteta huomioon. Merkittävin aleneminen kiiltoarvoissa havaittiin tärkkelyksellä, n. 10 kiiltoyksikköä. Seospigmenttisarjasta ainoastaan HC 90-karbonaatin lisääminen SPS-päällysteeseen nosti hieman painojäljen kiiltotasoa. Muilla seospigmenteillä kiiltotasot jäivät alhaisemmiksi.

Delta-arvot

Painojäljen ja painoalustan välinen kiiltoero eli delta-arvo on esitetty kuvassa 37abc.



Kuva 37. Päälysteiden delta-arvot värimäärällä 1.0 g/m².

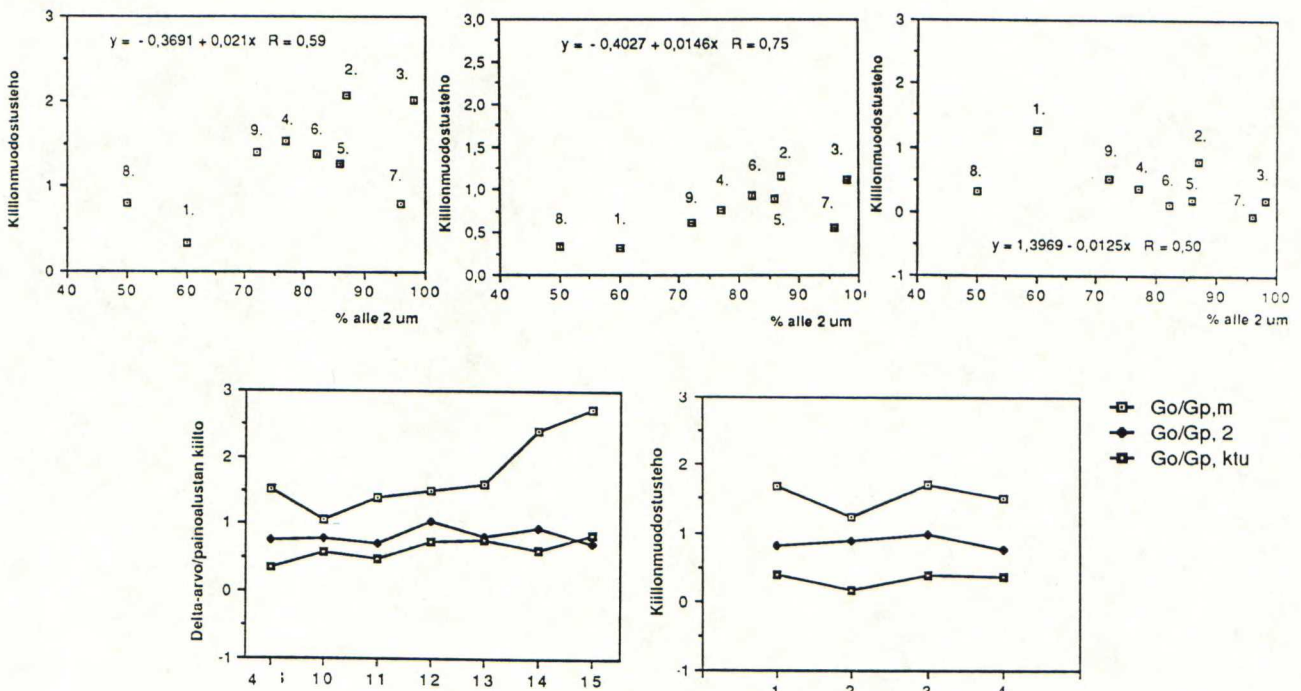
Laboratoriopäälysteillä delta-arvot olivat sitä suurempia, mitä pienempi oli päälystepigmentin hiukkaskoko. Tästä trendistä poikkesi, kuten muistakin kiiltoarvoista, talkkipäälyste, jonka delta-arvo oli suurempi kuin pigmentin partikkelikoon perusteella oli ennustettavissa. Tärkkelyspäälysteiden delta-arvot olivat sideainesarjan suurimmat ja nousivat hieman sideainemäärän kasvaessa. PVAc-lateksia sisältäneillä päälysteillä painojäljen ja painoalustan kiiltojen välinen erotus päinvastoin hieman pieneni sideainemäärän kasvaessa. SB-lateksipäälysteellä delta-arvo pieneni jo selvemmin. Alphatex+SPS-päälysteen painojäljen ja painoalustan välinen erotus oli muita seospigmenttisarjan ja SPS-päälystettä suurempi. Satinwhite+SPS-päälysteen delta-arvo oli pienin.

Kalanteroimattomien papereidenkin delta-arvot kasvoivat hieman pigmentin partikkelikoon pienentyessä lukuunottamatta Alphagloss-, Setacarb- ja talkkipäälysteitä. Sideainesarjan päälysteiden delta-arvoissa ei ollut havaittavissa selvää trendiä. SPS-kaoliinin korvaaminen seospigmenteillä suurensi delta-arvoa. Kalanteroitujen papereiden delta-arvot noudattivat Hunter-kiiltotuloksia pigmenttipäälysteiden osalta. Muista päälysteistä

poiketen Alphagloss-päällysteellä painoväriin lisäys jopa alensi painojäljen kiiltotasoa painamattoman pinnan kiiltoon nähden. Hiukkaskoon pienentyessä painoväri ei enää kyennyt kasvattamaan painojäljen kiiltotasoa yhtä paljon kuin karkeammilla pigmenttipäällysteillä. Tämä on ilmeisesti seurausta siitä, että painovärikerros kykenee jo hyvin alhaisilla painovärimäärillä peittämään kalanteroidun päällysteen karheustilavuuden, mikä kalanteroinnin jälkeen ei ole syvyyssuunnassa kovin suuri. Painovärimäärää edelleen kasvatettaessa kiiltoarvot vaihtelevat eikä kiiltotaso juuri enää nouse, sillä painoväriin ominaisuudet ja käyttäytyminen paperilla muodostuvat oletettavasti tärkeämmiksi tekijöiksi kiillonmuodostukselle. Laboratoriopäällysteillä pienet levymäiset partikkelit eivät ole suuntautuneet täysin pinnan suuntaisiksi, jolloin alkuperäinen painoalustan kiiltotaso on lisäksi alhaisempi kalanteroituihin papereihin nähden. Sideainetyyppien ja delta-arvojen välillä ei ollut kovin selvää trendiä. Seospigmenttisarjan päällysteillä HC 90+SPS- ja Alphatex+SPS-päällysteiden delta-arvot olivat suurin piirtein samaa suuruusluokkaa, mutta Satinwhite+SPS-päällysteen delta-arvo jäi selvästi pienemmäksi.

Kiillonmuodostusteho

Kuvassa 38abc on esitetty painojäljen ja painamattoman pinnan välinen kiiltoerotus suhteessa painamattoman pinnan kiiltoon eli päällysteen kiillonmuodostusteho.



Kuva 38abc. Päällysteiden kiillonmuodostustehot.

Eri laboratoriopäällysteiden kiillonmuodostusteho vaihteli suuresti. Hunter-määrittämissä poiketen ainoastaan kaoliinipäällysteiden kiillonmuodostusteho pieneni partikkelikoon kasvaessa. Tämä johtuu oletettavasti siitä, että goniofotometri ei erottele kovin hyvin alhaisimpia kiiltoarvoja, eikä näin ollen erottanut karheimmilla pigmenttipäällysteillä painoväriä kiiltoa nostavaa vaikutusta. SB-lateksipäällystettyä lukuunottamatta sideainesarjan päällysteiden kiillonmuodostusteho parani sideainemäärän kasvaessa. Seospigmenttisarjan päällysteistä painoväri vaikutti vähiten Satinwhite+SPS-päällysteen kiiltoon.

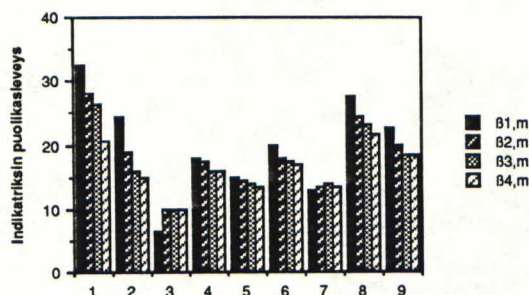
Kalanteroimattomien papereiden osalta kiillonmuodostustehot poikkesivat vastaavista arvoista määritettynä Hunter-kiiltomittalaitteella siten, että HC-60- ja kipsipäällysteen kiillonmuodostustehot olivat edelleen alhaisemmalla tasolla kuten edellä muovikalvolla. Painoväriä vaikutus painojäljen kiiltoon oli samansuuntainen kuin muovikalvolla mutta vähäisempi. SPS-päällysteellä painoväri nosti painojäljen kiiltoa suhteessa painoalustan kiiltoon vähemmän kuin laboratoriopäällysteiden kiillonmuodostuksen perusteella voisi olettaa. Sideainesarjan päällysteillä painoväri vaikutti painojäljen kiiltoon eniten tärkkelyspäällysteellä (14) pienellä sideainemäärällä ja suuremmalla sideaineosuudella PVAc-lateksipäällysteellä. Muiden päällysteiden kiillonmuodostustehot olivat lähes samaa suuruusluokkaa. Seospigmenttisarjan päällysteillä painoväriä vaikutus painojäljen kiiltotasoon ei vaihdellut merkittävästi. Kaikkien seospäällysteiden kiillonmuodostustehot olivat suurempia kuin pelkkää SPS-kaoliinia sisältäneellä päällysteellä.

Kalanteroitujen papereiden kiillonmuodostustehot olivat samansuuntaisia kuin Hunter-määrittämissä. Kaoliini- ja karbonaattipäällysteiden kiillonmuodostustehot laskivat partikkelikoon kasvaessa. Toisin kuin muovikalvolla ja kalanteroimattomilla papereilla painoväri kykeni vaikuttamaan eniten karkeimman karbonaattipäällysteen kiiltoon. Sideainesarjan päällysteillä painoväriä teho kiillonmuodostajana kasvoi kuten laboratoriopäällysteilläkin sideainemäärän kasvaessa. Tärkkelyspäällysteiden kiillonmuodostusteho oli muita sideainetyyppejä suurempi. Painoväri vaikutti vähiten SB-lateksipäällysteiden kiiltoon. Seospigmenttipäällysteistä Satinwhite+SPS-päällyste poikkesi muista erittäin alhaisen kiillonmuodostustehonsa takia.

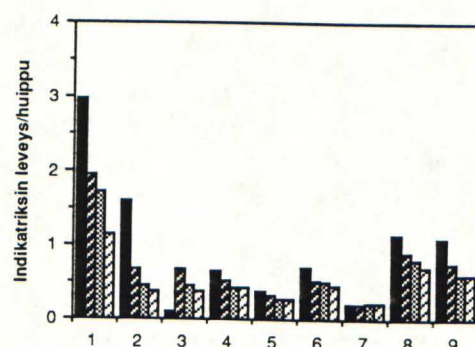
Peiliheijastusjakaumat

Eri pigmenttipäällysteiden peiliheijastusjakauman leveys heijastusmaksimin puolileveyden kohdalla on esitetty kuvassa 39. Pigmentti- ja sideainesarjan päällysteiden painoalustan peiliheijastusindikaattoreille ei voitu määrittää peiliheijastusjakauman puolikasleveyttä eikä

jyrkkyyttä, koska peiliheijastusjakaumakäyrän muoto oli epämääräinen ja osalla näytteistä jakaumassa ei voitu havaita selvää huippua.



Kuva 39. Peiliheijastusindikatriksien puolikasleveys pigmenttisarjan laboratoriopäällysteillä



Kuva 40. Indikatriksin leveyden suhde huippuun pigmenttisarjan laboratoriopäällysteillä.

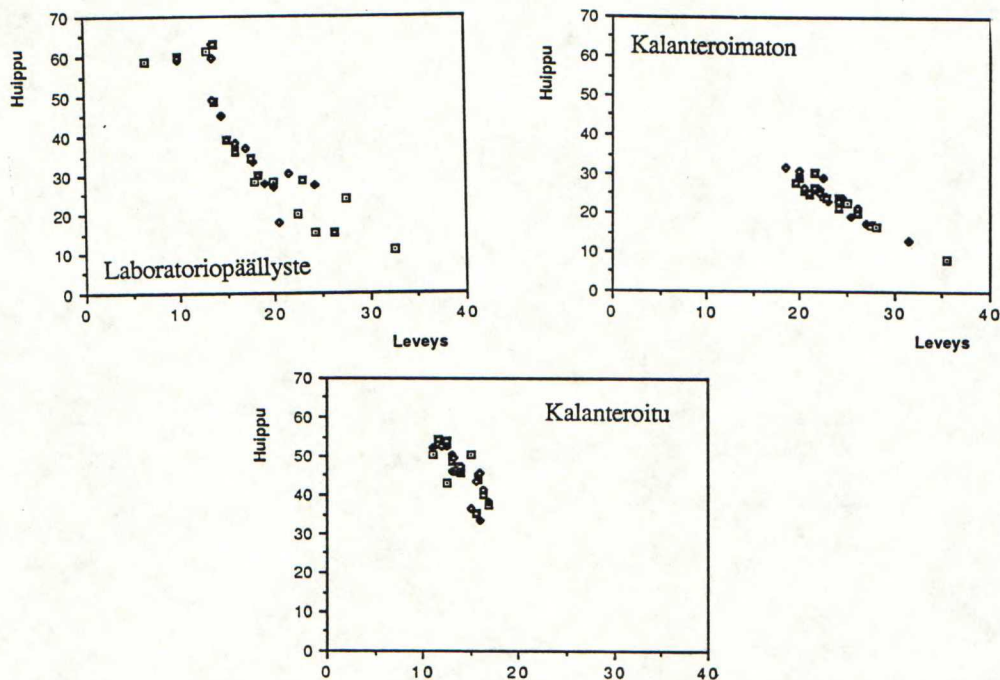
Peiliheijastusjakaumien muotoa tarkasteltaessa havaitaan, että painovärimäärän kasvaessa heijastusindikatriksit kapenevat lähes kaikilla päällysteillä. Värimäärän täyttäessä päällysteen karheustilavuutta peiliheijastuneen valon osuus kasvaa ja diffuusisti heijastuneen valon osuus pienenee. Vertailtaessa eri pigmentti- ja sideainepäällysteiden heijastusjakaumien muuttumista painovärin vaikutuksesta täytyy ottaa huomioon, että eri päällysteillä painovärimäärät eivät ole samat / ks liite 8/. Kiiltoindikatriksien leveys on yleensä sitä kapeampi mitä korkeampi peiliheijastushuippu on. Seuraavassa on tarkasteltu indikatriksien leveyksiä suhteessa maksimikiiltoon.

Laboratoriopäällysteistä pienimmät puolikasleveydet eli kapeimmat peiliheijastusindikatriksit olivat hienojakoisimmilla pigmenttilaaduilla ja karheimmista päällysteistä määritetyt indikatriksit olivat leveitä ja matalia. Indikatriksien voidaan havaita kapenevan painovärimäärän kasvaessa lukuunottamatta Setacarb- ja Alphagloss-päällysteitä.

Kalanteroimattomien papereilla peiliheijastusjakaumien leveydet olivat suurimpia suhteessa heijastusmaksimiin. Painoväri kavensi indikatrikseja etenkin karkeampaa pigmenttiä sisältävillä päällysteillä.

Kalanteroitujen papereiden puolikasleveydet olivat samaa kokoluokkaa kuin laboratoriopäällysteillä. Sen sijaan indikatriksien leveys suhteessa kiiltohuippuun oli yleensä pienempi eikä eri päällysteiden välillä ollut suuria eroja. Kalanteroitujen päällysteiden peiliheijastusindikatriksit eivät kaventuneet painovärimäärän vaikutuksesta.

Kuvassa 41 on tarkasteltu peiliheijastusjakauman leveyden ja huipun välistä riippuvuutta. Laboratoriopäällysteillä, kalanteroimattomilla sekä kalanteroiduilla papereilla voidaan havaita hieman erilaiset trendit. Muovikalvolla havaittiin suurimmat poikkeamat yleisestä leveys-huippu-riippuvuudesta. Lähinnä kapeimpien peiliheijastusindikaatriksien huiput eivät olleet niin korkeita kuin olisi voinut odottaa ja leveimmillä kiiltoindikaatrikseilla ilmeni hajontaa kiiltoarvojen suhteen.



Kuva 41. Kiiltoindikaatriksien leveyksien riippuvuus maksimikiillosta.

13.3.3 Mikrokiillot

Mikrokiillot määritettiin pigmentti- ja sideainesarjan näytteille laboratoriopäällysteillä ja kalanteroituilla papereilla.

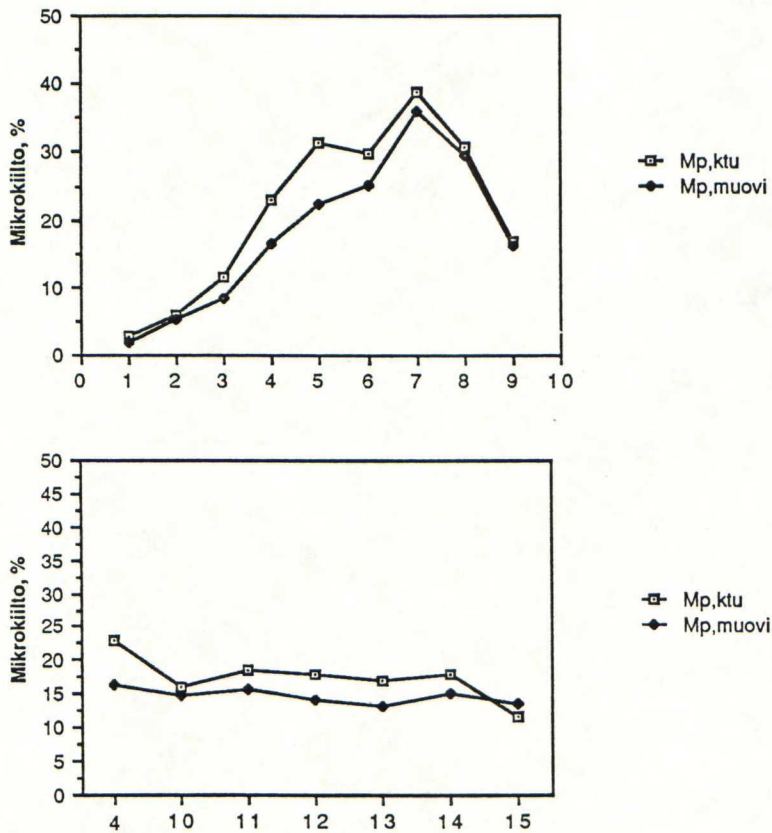
Painamaton pinta

Kuten mikrokiiltomittauksen tuloksista voidaan havaita / kuva 42/, suurenvat karbonaatti- ja kaoliinipäällysteiden kiiltoarvot partikkelikoon pienentyessä. Eri sideainetyyppien

mikrokiillot eivät poikenneet toisistaan merkittävästi. Näyttää kuitenkin siltä, että mikrokiillot pienenisivät sideainemäärän lisääntyessä.

Painoalustan mikrokiilto korreloi myös kalanteroiduilla papereilla hiukkaskoon kanssa jakaen pigmentit eri ryhmiin levymäisyyden mukaan. Sideainesarjan päällysteiden mikrokiillot noudattivat samoin laboratoriopäällysteiden tuloksia. Muista kiiltomittalaitteista poiketen mikrokiiltomittalaitteen mukaan kalanteroitujen papereiden ja laboratoriopäällysteiden kiiltoarvot noudattivat samaa trendiä.

Mikrokiiltomittalaite erotteli karbonaatit samalla tavoin partikkelikoon mukaan kuin goniofotometri ja Hunter-mittari. Ero karbonaattien ja kaoliinien kiiltojen välillä oli selvempi mikrokiiltomittalaitteen tuloksissa, samoin erot eri päällysteiden välillä.



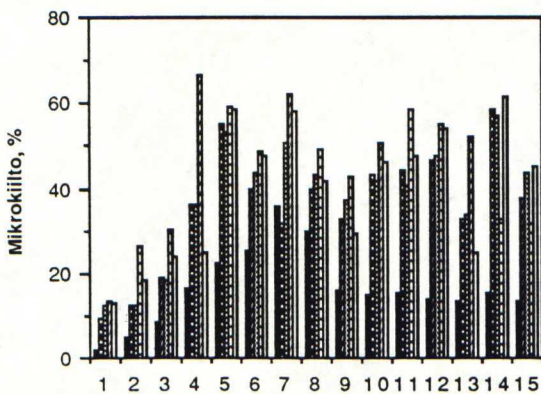
Kuva 42. Painoalustan mikrokiillot.

Painojälki

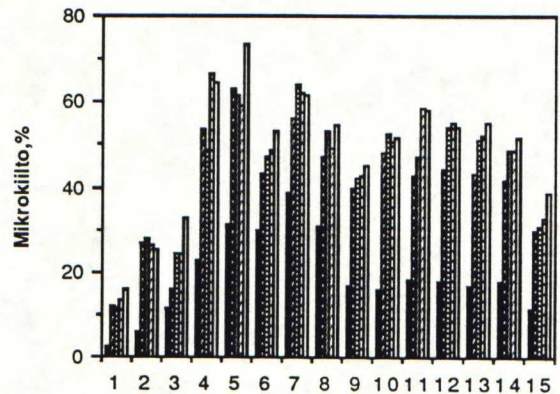
Kuten kuvasta 43 voidaan todeta, määritettiin laboratoriopäällysteistä kiiltävin painojälki Alphagloss- ja Nuclay-päällysteistä. Karbonaattipäällysteiden kiiltotaso jäi merkittävästi

alhaisemmaksi kaoliinipäällysteisiin verrattuna. Sideainetyypin vaikutus kiiltoon vaihteli sideaineosuuden mukaan. Esimerkiksi pienellä sideainemäärällä kiiltävin oli tärkkelyspäällyste no 14 ja suuremmalla sideaineosuudella PVAc-lateksipäällyste no 12. Toisaalta PVAc-päällysteen erittäin korkea sideainemäärä (näyte nro 13) oli painojäljen kiillon muodostumiselle epäedullinen.

Mikrokiiltomittarin mukaan delaminoitu Nuclay-pigmentti muodosti selvästi kiiltävimmän painojäljen kalanteroiduilla papereilla. Muut kaoliinit, jotka eivät ole yhtä levymäisiä, järjestyivät kiillon suhteen partikkelikokojärjestykseen./kuva 44/. Sideainesarjan päällysteillä mikrokiillot pienenivät sideainemäärän kasvaessa. SB-lateksipäällysteen (näyte nro 4) kiiltoarvot olivat korkeimmat.



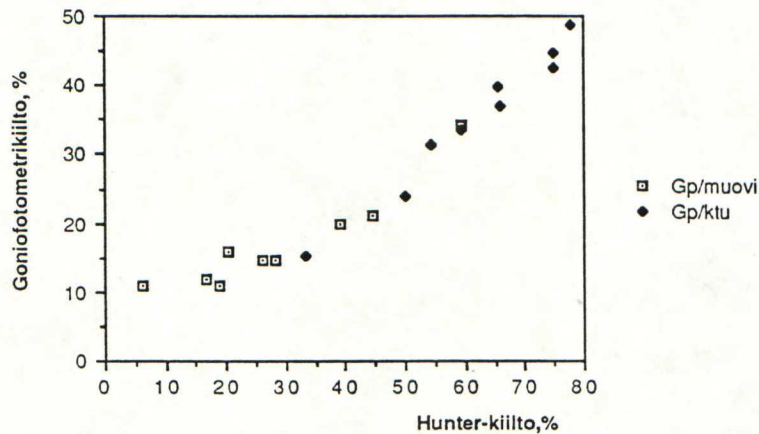
Kuva 43. Laboratoriopäällysteiden painojäljen mikrokiillot.



Kuva 44. Kalanteroitujen päällysteiden painojäljen mikrokiillot.

13.3.4 Kiiltomittausten vertailua

Kiiltomittausten väliset korrelaatiot lineaarisen regressiosuoran mukaan on esitetty liitteessä 6. Kiiltomittausten menetelmistä goniofotometri- ja Hunter-kiiltomääritykset korreloivat voimakkaasti. Sekä painamattoman pinnan että painetun pinnan Hunter- ja goniofotometrikiiltojen välisen regressiosuoran korrelaatiokertoimet olivat > 0.90 eli selitysasteet olivat yli 80 %. Kuvassa 45 on esitetty esimerkkinä painoalustan goniofotometri-kiillot Hunter-kiiltojen funktiona muovikalvolla ja kalanteroiduilla papereilla. Eniten eroja syntyi seospigmenttisarjan päällysteiden osalla. Lisäksi goniofotometri ei erotellut alhaisimman kiiltotason päällysteitä yhtä hyvin kuin Hunter-mittari.



Kuva 45. Painoalustan Hunter- ja goniofotometrikiillot muovikalvolla ja kalanteroiduilla papereilla.

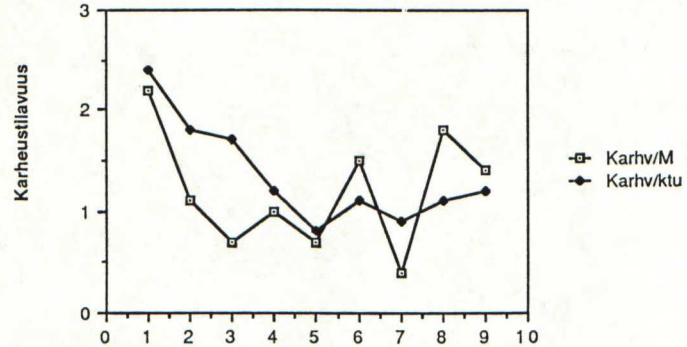
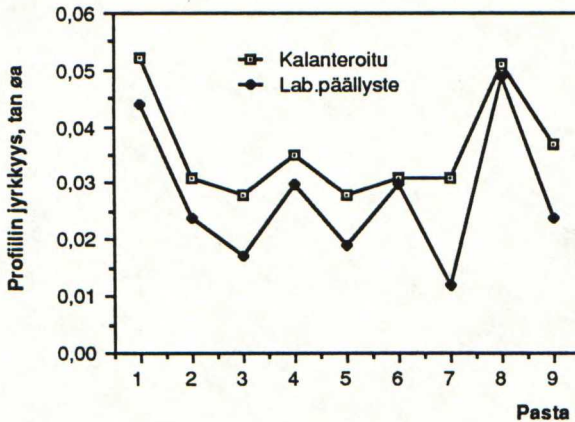
Mikrokiiltomittarin tulokset korreloivat merkittävästi Hunter- ja goniofotometrikiiltojen kanssa kalanteroiduilla papereilla. Myös painojäljen mikrokiilto oli yhteydessä sekä Hunter- että goniofotometrikiiltoihin. Sen sijaan laboratoriopäällysteillä mikrokiillot selittivät vain noin 40 % painamattoman ja painetun pinnan Hunter- ja goniofotometrikiilloista.

Hunter-kiiltomittalaite erottelee painoalustan kiillot sekä partikkelikoon että muodon suhteen. Talkin levymäisyys tulee esiin painamattoman pinnan Hunter-kiiltoarvoissa etenkin kalanteroiduilla papereilla. Painojäljen Hunter-kiilloissa ei partikkelimuodon vaikutus enää erotu. Goniofotometri erottelee painamattoman pinnan kiillot partikkelimuodon suhteen kalanteroimattomilla ja kalanteroiduilla pinnoilla. Laboratoriopäällysteissä korostuu pigmentin partikkelikoon vaikutus. Kalanteroimattomien ja kalanteroitujen papereiden painojäljen kiiltoarvoissa muototekijän vaikutusta ei enää havaita. Mikrokiiltomittari erotteli karbonaatit ja kaoliinit selvemmin toisistaan myös kalanteroiduilla papereilla.

13.4 Kalanteroinnin vaikutus karheus- ja kiiltotuloksiin

Kalanteroitujen papereiden alkuperäiset kiillot olivat korkeampia kuin kalanteroimattomilla ja laboratoriopäällysteillä vaikka karheudet olivat suurempia kuin kalvoilla. Painojäljen kiiltotasoon kalanterointi vaikutti siten, että kiiltotason ennustaminen pigmentin partikkelikoon ja -muodon avulla vaikeutui, eivätkä kalanteroitujen päällysteiden karheus- ja kiiltoarvot korreloineet juuri keskenään. Kalanteroinnin vaikutus karheusarvoihin näkyi myös eri päällysteiden välisten karheuserojen tasoittumisena. Tätä on havainnollistettu kuvassa 46, jossa on esitetty pigmenttisarjan päällysteiden karheusprofiilin jyrkkyydet ja

karheustilavuudet laboratoriopäällysteillä sekä kalanteroimattomilla ja kalanteroiduilla papereilla päällystetyypin funktiona.



Kuva 46. Esimerkki kalanteroinnin tasoittavasta vaikutuksesta karheusarvoihin.

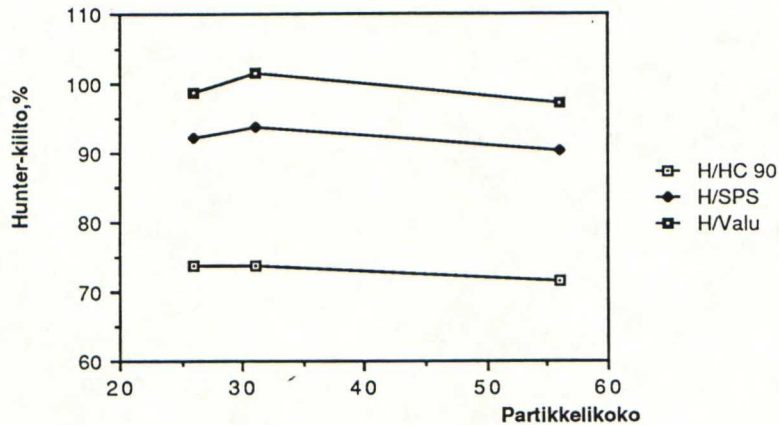
Laboratoriopäällysteiden painojälkien kiiltojen avulla voitiin arvioida melko hyvin kalanteroimattomien painojälkien kiiltoarvoja ja välttävästi kalanteroitujen karbonaattipäällysteiden kiiltoarvoja, mutta muiden pigmentti- ja sideainesarjan painojälkien ennustettavuus oli huono. Kalanteroitujen päällysteiden painojäljen ja painoalustan välinen kiiltoero oli sitä pienempi, mitä suurempi painoalustan kiilto oli. Tällöin painoväri kykeni vaikuttamaan painojäljen kiiltotasoon sitä vähemmän, mitä kiiltävämpi painoalusta oli. Tästä voidaan päätellä, että painoalustan kiillolla ei ollut suurta merkitystä painojäljen kiillon muodostumiselle korkeakiiltoisimmilla päällysteillä.

13.5 Kokeellisista painoväreistä tehtyjen määritysten tulokset

Painoväripigmentin partikkelikoko

Koepainovärien kiiltoarvot ja densiteetit on esitetty liitteessä 7. Painoväripigmentin raaka-aineen keskimääräisen partikkelikoon vaikutus kiiltoon vaihteli eri alustoilla /kuva 47/. Painovärit 1-4 ovat partikkelikooltaan hienojakoisimpia, painoväri 5 on hieman karheampi ja painoväri numero 6 karhein. Kiiltomääritysten tulokset eri alustoilla olivat melko ristiriitaisia. Goniofotometrin mukaan HC 90-päällysteellä saavutettiin korkein kiilto hienojakoisimmalla pigmentillä ja alhaisin karheimmalla. Hunter-mittari jaottelee värit samalla tavalla HC 90-päällysteellä, mutta SPS-päällysteellä ei ole enää havaittavissa selviä eroja hienojakoisimpien painoväripigmenttien välillä. Valupäällystetyllä paperilla saavutettiin hyvin korkeita kiiltoarvoja. Suurin kiiltoarvo sekä goniofotometrillä että Hunter-mittarilla

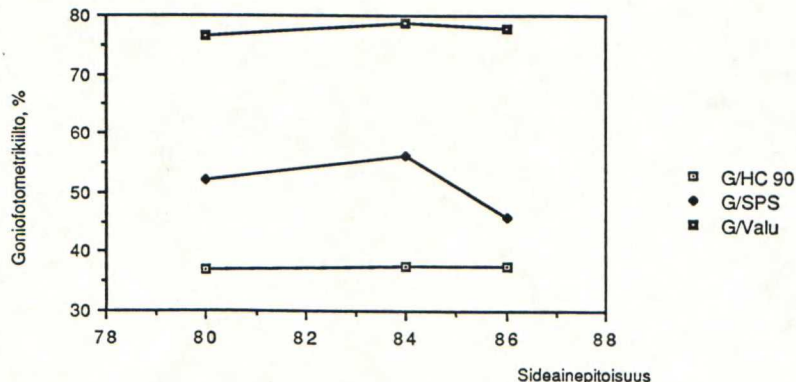
mitattuna oli painovärillä no 5, jonka pigmenttikoko oli hieman suurempi kuin neljällä ensimmäisellä painovärillä. Suurinta kiiltoarvoa ei siis vastoin odotuksia saavutettukaan pienimmällä pigmentin partikkelikoolla vaan partikkelimuodon suhteen näyttäisi muodostuvan optimitaso. Alhaisin kiiltotaso oli karheimmalla pigmenttityypillä eli painovärillä numero 6.



Kuva 47. Painojäljen kiilto pigmentin partikkelikoon funktiona.

Sideaine+liuotin/pigmenttipitoisuussuhde

Kokeellisilla painoväreillä 1-4, jotka sisälsivät samaa pigmenttiä oli havaittavissa, että painoväriin sideainepitoisuuden kasvaessa kiiltoarvot suurenivat kaoliini- ja karbonaattialustoilla lukuunottamatta painoväriä no 1 /kuva 48/. Oletettavasti kyseisen painoväriin pigmenttipitoisuus on jo niin alhainen, että pigmenttiä ei ole riittävästi tasaisen painovärikerroksen muodostumiseksi. Tätä oletusta tukevat osaltaan myös ko. painojäljen alhaiset densiteettilukemat. Valupäälyllä paperilla ei painoväriin sideainepitoisuus enää vaikuta painojäljen kiiltotasoon merkittävästi.



Kuva 48. Kokeellisten painovärien sideaine+liuotin/pigmenttipitoisuus vs. kiilto.

13.6 Tulosten luotettavuuden arviointia

Goniofotometri-kiiltomittauksissa mittausarvojen välinen hajonta oli pieni, keskimäärin 1-2 %. Virhettä mittaustuloksiin voi sen sijaan aiheuttaa peiliheijastusmaksimin siirtyminen jommalle kummalle puolelle peiliheijastuskulmaa joillakin päällysteillä. Tämä pyrittiin ottamaan huomioon mittauksia suoritettaessa siten, että maksimiheijastus määritettiin sillä kulmalla, joka antoi suurimman heijastuslukeman.

Hunter-määritysten hajonta oli suurin piirtein samaa suuruusluokkaa kuin goniofotometrimittauksissa. Hunter- ja goniofotometrikiiltomittareiden mittausarvoihin vaikuttaa käytettyjen standardien kunto. Esimerkiksi goniofotometrikiiltomittauksissa käytettävä musta lasilevy antaa erilaiset referenssiarvot lasin eri kohdista. Täten mittaukset pyrittiin tekemään aina samalla standardilasin kohdalla.

Mikrokiiltomittauslaitteistolla määritettyjen kiiltoarvojen hajonta oli hyvin suuri, mikä osaltaan johtunee laitteiston mittausalueen pienestä koosta (13 μm). Hajonnat vaihtelivat välillä 30 - 40 %.

Karheusmittauksista Bendtsen-karheudet vaihtelivat hyvin paljon ja hajonta oli jopa 20 - 40 %. Kun eri päällysteiden karheuserot olivat pieniä, ei Bendtsen-mittauksia voida pitää kovin luotettavina. PPS-karheusarvojen hajonta oli sen sijaan vain 1- 5 %. Sileimpien näytteiden painoalustan hajonnat olivat pienimpiä, sen sijaan painojäljen PPS-karheusarvoissa voi esiintyä suuriakin virheitä, sillä määrittäminen suoritettiin vain yhdestä pisteestä. Mitutoyo-karheusmittauksissa rms-karheuden hajonnaksi muodostui n. 6 - 7 % ja jyrkkyyksien osalta keskimäärin 2-3 %.

13.7 Yhteenveto karheus- ja kiiltomittaustuloksista

Pigmentin partikkelikoko vaikutti karkeasti ottaen kiilto- ja karheusarvoihin siten, että mitä hienojakoisempi pigmentti oli kyseessä, sitä sileämpi päällyste muodostui ja sitä suurempia olivat kiiltoarvot. Tältä osin tulokset olivat samansuuntaisia kirjallisuustietojen kanssa /15,57/. Pigmentin hiukkaskoon vaikutus oli selvimmin havaittavissa laboratoriopäällysteillä sekä painamattoman että painetun pinnan kiiltojen ja karheuksien osalta. Talkkipäällyste poikkesi tästä trendistä suuren levymäisyytensä takia. Kalanteroiduilla papereilla partikkelikoon merkitys painamattoman pinnan karheusarvoihin pieneni.

Profiilimittausten sekä kuva-analyssaattorin mukaan karheusarvot saattoivat jopa kasvaa hienojakoisimmilla pigmenttipäällysteillä. Erittäin hienojakoiset pigmenttipartikkelit eivät myöskään muodostaneet niin kiiltäviä painojälkiä kalanteroiduilla papereilla kuin painoalustan kiillon ja partikkelikoon perusteella olisi ollut odotettavissa.

Partikkelimuodon vaikutus painamattoman pinnan kiiltoarvoihin tuli selvimmin esiin kalanteroiduilla päällysteillä, joilla oli kalanteroinnin ansiosta tapahtunut selvästi partikkelien orientoitumista pinnan suuntaisiksi. Levymäisillä pigmenteillä saavutettiin suurimmat kiiltoarvot. Delaminointi paransi edelleen paperin kiiltoa mutta painojäljen kiiltotaso jäi alhaisemmaksi kuin SPS-kaoliinilla. Laboratoriopäällysteillä pigmentin muoto vaikutti vähiten painetun ja painamattoman pinnan kiiltoarvoihin. Tällöin esimerkiksi pyöreähköön Setacarb-päällysteen painojäljen kiilto oli korkeampi kuin kaoliinipäällysteiden painojälkien kiillot, jos ei oteta huomioon erittäin hienojakoista Alphagloss-päällystettä. Levymäisyyden vaikutus tuli esiin myös kalanteroitujen papereiden painamattoman pinnan karheusarvoissa. Karheusmäärittämisestä karheustilavuus suulakemenetelmällä määritettynä, kuva-analyysimäärittäminen ja jossain määrin myös PPS-karheus erottelivat kaoliinit karbonaattipäällysteitä sileämpinä. Myös esimerkiksi Bendtsen-karheusmittalaitteen mukaan kaoliineista delaminoitua Nuclay-pigmenttiä sisältänyt päällyste erottui muita selvästi sileämpänä, vaikka mittalaite ei erotellutkaan toisistaan kaoliini- ja karbonaattipäällysteitä.

Lähes kaikki karheusmittaukset osoittivat laboratoriopäällysteiden olevan sileämpiä kuin kalanteroidut paperit. Tästä huolimatta lähes kaikki kiiltomittaukset osoittavat kalanteroitujen papereiden olevan kiiltävämpiä kuin laboratoriopäällysteet. Tämä pitää paikkansa useimmissa tapauksissa myös kalanteroitujen papereiden painojälkien osalta. Näin ollen voidaan olettaa, että kiiltomittaukset korostavat erityisesti päällysteen pinnan rakennetta ja painottavat levymäisyyden vaikutusta, kun sen sijaan karheusmäärittäisiin vaikuttaa lisäksi pohjapaperin rakenne.

Seospastojen kiilto- ja karheusarvot vaihtelivat laboratorio-, kalanteroimattomilla ja kalanteroiduilla päällysteillä sekä painovärimäärän ja mittaustavan mukaan eikä mikään seospigmenttipäällyste erottunut muita selvästi parempana. Lisättäessä SPS-kaoliinipäällysteeseen seospigmenttiä saavutettiin parhaat pinnan pakkautumisominaisuudet käytettäessä neulasmaista Satinwhite-pigmenttiä. Tehokas pinnan pakkautuminen näkyy esimerkiksi Satinwhite+SPS-päällysteen muita päällysteitä alhaisempana karheustilavuutena ja pienimpänä optisena karheusarvona. Satinwhite-pigmenttiä käytettäessä päällysteen kiiltotaso (sekä Hunter- että goniofotometrikiiltomittarilla määritettynä) nousi verrattaessa pelkkää SPS-kaoliinia sisältävään päällysteeseen sekä muihin seospigmenttisarjan pape-

reihin. Neulasmaiset Satinwhite-partikkelit saavat aikaan bulkkisen rakenteen, mikä ilmeni päällysteen suurena öljynabsorptionopeutena.

Sideainetyypin vaikutus painoalustan ja painojäljen kiiltoon vaihteli päällystepinnan ja käytettyjen karheus- sekä kiiltomittalaitteiden mukaan, eikä tässä suhteessa muita selvästi parempaa pastaa erottunut joukosta. Lisäksi sideainetyypin vaikutus karheus- ja kiiltoarvoihin saattoi vaihdella myös eri sideaineiden tilavuusosuuksien välillä. PVAc-lateksipäällysteiden osalta vertailu on laboratoriopäällysteiden osalta vaikeaa, koska päällysteet olivat halkeilleet. Karkeasti ottaen voidaan todeta, että SB-lateksia sisältäneet päällysteet olivat laboratoriopäällysteistä sileimpiä ja halkeilleet PVAc-lateksipinnat karheimpia. Sen sijaan kalanteroimattomista ja kalanteroiduista päällysteistä pienimmät karheusarvot määritettiin yleensä PVAc-lateksipäällysteistä. Suurimmat kiiltoarvot määritettiin kuitenkin SB-lateksipäällysteistä.

Painoalustan ja painojäljen karheusarvot laskivat ja kiiltoarvot nousivat pääsääntöisesti sideainemäärän kasvaessa, mikä oli yhtenevää kirjallisuustietojen kanssa /15/. Ainoastaan kalanteroidulla pinnalla PVAc-lateksipäällyste muodosti poikkeuksen, sillä kiiltävin painojälki ja pienimmät karheusarvot saavutettiin yleensä keskimmaisella sideaineosuudella. Kalanteroiduilla papereilla painoväri ei kuitenkaan tunkeutunut päällysteeseen suuremmilla sideaineosuuksilla yhtä paljoa kuin pienillä sideainemäärillä. Siten päällysteiden kiillonmuodostusteho oli suurin suurilla sideaineosuuksilla.

Koepainovärien ominaisuudet vaikuttivat kiiltoarvoihin eri papereilla eri tavalla. Pigmentin partikkelikoon suhteen painoväreillä muodostui ilmeisesti optimi. Vastoin odotuksia suurinta kiiltotasoa ei saavutetukaan hienojakoisimmalla pigmentillä. Yleisesti ottaen sideainemäärän nostaminen kasvatti kiiltoarvoja. Suurimmalla sideainemäärällä kiiltotaso alkoi kuitenkin laskea. Oletettavasti pigmenttipitoisuus oli tällöin liian alhainen hyvän painokiillon saavuttamiseksi.

14. KARHEUDEN JA KIILLON VÄLISET YHTEYDET

Seuraavassa on tarkasteltu karheuden ja kiillon välisiä yhteyksiä sekä painamattoman että painetun pinnan osalta pääasiassa laboratoriopäällysteillä ja kalanteroiduilla papereilla. Karheus- ja kiiltoarvojen väliset korrelaatiokertoimet on esitetty taulukossa 9. Regressiokäyrät on määritetty logaritmista sovitusta käyttäen. Regressiosuorassa oli mukana yhdeksän mittauspistettä, jotka olivat pigmenttisarjan päällysteitä. Liitteessä 9 on

esitetty myös niiden painoalustan karheusarvojen korrelaatiot painojäljen kiiltojen kanssa, joista ei tehty painetun pinnan karheusmäärittäisiä.

Painamaton pinta

PPS-karheus Hunter-kiiltoa parhaiten selittävä tekijä. Karheustilavuus oli lähes yhtä selvästi yhteydessä kiiltoon. Karheusarvojen kasvaessa kiiltotaso laski. Edellämainittujen lisäksi profiilikarheusmittarilla (Mitutoyo) määritetyt rms-karheus ja profiilin jyrkkyys korreloivat kiillon kanssa. Rms-karheuden ja Hunter-kiillon välisen logaritmisien regressiokäyrän korrelaatiokerroin oli 0.67 ja vastaavasti profiilin jyrkyyden ja kiillon välisen käyrän 0.77. Näin ollen profiilin jyrkkyys selittäisi paremmin Hunter-kiiltoa rms-karheuteen nähden. Lisäksi myös Bendtsen-karheus näyttäisi olevan yhteydessä Hunter-kiiltoon. Yleisesti ottaen voidaan todeta, että kaikilla käytetyillä karheusmäärittäyksillä pystytään ennustamaan laboratoriopäällysteen Hunter-kiiltoa.

Goniofotometrillä määritetty kiilto selittyi myös parhaiten PPS-karheuden avulla mutta selitysaste oli hieman alhaisempi Hunter-määrittäisiin verrattuna. Goniofotometri-kiillon ja karheusarvojen väliset korrelaatiot jäivät muutenkin vaatimattomammiksi, sillä esimerkiksi karheustilavuuden ja goniofotometri-kiillon välisen logaritmisien regressiosuoran korrelaatiokerroin on 0.65 ja vastaavasti kiillon ja profiilin jyrkyyden 0.59 eli kumpikaan karheusmäärittäys ei selitä goniofotometrikiiltoja tilastollisesti merkitsevästi. Rms- ja Bendtsen-karheus selittivät hyvin huonosti päällysteen kiiltoa.

Kalanteroimattomista päällysteistä voidaan todeta, että Hunter-kiiltomäärittäysten mukaan karheuden vaikutus kiiltoarvoihin oli laboratoriopäällysteisiin verrattuna pienempi. Esimerkiksi PPS-karheus selitti Hunter-kiiltoarvoista n. 70 %. Goniofotometri-määrittäysten mukaan tulokset olivat samansuuntaisia kuin Hunter-mittarilla.

Kalanteroitujen päällysteiden painamattoman pinnan Hunter-kiiltoa parhaiten selittäviä tekijöitä olivat karheustilavuus suulakelevitysmenettelmällä määrittettynä ja kuva-analyysin avulla saadut karheusarvot. Edellisen korrelaatiokerroin Hunter-kiillon kanssa logaritmisella sovituksella oli 0.70 ja jälkimmäisen 0.63. Näin ollen selitysasteet jäivät alhaisimmiksi laboratoriopäällysteisiin verrattuna. Myös karheusprofiilin jyrkkyys näyttäisi olevan yhteydessä Hunter-kiiltoon. Ilmanvuotoperiaatteella toimivien PPS- ja Bendtsen-mittareiden antamat karheusarvot eivät juuri selittäneet Hunter-kiiltoa eivätkä profiilikarheusarvotkaan korreloineet kiiltoarvojen kanssa.

Goniofotometrikiiltoja tarkasteltaessa havaitaan, että päällysteen kiilto voidaan hyvin pitkälle ennustaa karheustilavuuden avulla. Mitä pienempi karheustilavuus on, sitä suuremmaksi kiiltotaso muodostuu. Kuva-analyysin karheusarvoilla oli myös yhteys goniofotometrikiiltoihin, sillä karheusarvoilla voitiin selittää 67 % goniofotometrikiiltoista. Karheusprofiilin jyrkkyys vaikuttanee lisäksi kiiltoarvoihin vaikka selitysaste ei ollut merkittävä. Muiden karheusarvojen perusteella ei juuri voida ennustaa päällysteen kiiltotasoa.

Painojälki

Painojäljen kiiltojen ja karheuksien välisiä yhteyksiä on tarkasteltu laboratorio- ja kalanteroitujen päällysteillä. Painojäljistä suoritettuja karheusmittauksia olivat PPS-, Bendtsen-, rms- ja karheusprofiilin jyrkkyysmäärytykset.

Laboratoriopäällysteiden painojäljen Hunter-kiillon kanssa korreloi parhaiten PPS-karheus mutta myös karheusprofiilin jyrkkyuden ja rms-karheuden avulla voitiin ennustaa painojäljen kiiltotasoa. Edellämainittujen lisäksi Bendtsen-karheus oli yhteydessä painojäljen kiiltoarvoihin. Painamattoman pinnan karheustilavuus korreloi painojäljen Hunter-kiillon kanssa merkittävästi ($r = 0.91$).

Goniofotometrin mukaan painojäljen kiiltoarvo selittyi samoin parhaiten PPS-karheuden avulla. Kiillon ja PPS-karheuden välisen logaritmisen regressiokäyrän korrelaatiokerroin oli 0.91. Karheusprofiilin jyrkkyys ja rms-karheus olivat myös, kuten Hunter-mittaus-tenkin mukaan oli havaittavissa, merkittäviä kiiltoa selittäviä tekijöitä. Bendtsen-karheuden selitysaste jäi hieman alhaisemmaksi Hunter-kiiltoon verrattuna. Painamattoman pinnan karheustilavuus selitti painetun pinnan goniofotometrikiilloista 80 %.

Tarkasteltaessa kalanteroitujen papereiden karheusarvojen ja kiiltojen välisiä yhteyksiä voidaan todeta, että painojäljen kiilto oli selvästi vaikeammin ennustettavissa laboratoriopäällysteisiin verrattuna. Ainoastaan PPS-karheus korreloi merkittävästi kiiltoarvojen kanssa. Selitysaste jäi kuitenkin huomattavasti alhaisemmaksi laboratorio-päällysteisiin verrattuna. Muista karheusmäärytyksistä esimerkiksi karheusprofiilimittarin (Mitutoyo) antamat karheusarvot eivät juuri olleet yhteydessä Hunter-kiiltoihin. Painamattoman pinnan karheusarvoista karheustilavuus korreloi kalanteroimattomienkin papereiden painetun pinnan kiiltoarvojen kanssa. Korrelaatiokerroin oli hieman alhaisempi kuin laboratoriopäällysteillä. Sen sijaan karheusproolin hajonta ja kuva-analyysikarheus eivät korreloineet painojäljen Hunter-kiiltojen kanssa.

Goniofotometri-kiiltojen ja karheusarvojen väliset yhteydet olivat samansuuntaisia kuin Hunter-kiilloilla. PPS-karheuden ja goniofotometri-kiillon välisen logaritmisen regressiokäyrän korrelaatiokerroin oli 0.76, muiden karheusmääritysten selitysasteet vaihtelivat välillä 12-15 eli ne selittivät vain muutaman prosentin goniofotometrikiilloista. Karheustilavuus oli yhteydessä kalanteroitujenkin papereiden painojäljen goniofotometrikiiltoihin. Korrelaatio ei ole yhtä korkea kuin laboratoriopäällysteellä, joten ilmeisesti kalanteroitujen papereiden karheustilavuus muuttuu painoväriin vaikutuksesta enemmän kuin laboratoriopäällysteillä.

15. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Päällystetyn paperin kiilto- ja karheusarvoihin voidaan vaikuttaa materiaalivalinnoilla. Käytettäessä partikkelikooltaan hienojakoisimpia pigmenttejä saavutetaan sileimmät ja korkeakiiltoisimmat päällysteet. Toisaalta mitä hienojakoisempaa pigmenttiä käytettiin ja mitä korkeammaksi painoalustan kiilto muodostui, sitä vähemmän painoväri kykeni nostamaan painojäljen kiiltotasoa ja kalanteroiduilla papereilla painojäljen absoluuttinen kiiltotaso jäi myös alhaisemmaksi kuin hieman karkeammilla pigmenttilaaduilla. Näin ollen painojäljen kiiltotaso määräytyy pitkälti painoväriin ja paperin vuorovaikutuksista, painoväriin virtausominaisuuksista ja ominaiskiiltotasosta.

Levymäisyydestä oli myös selvästi etua kiillonmuodostukselle. Päällystepigmenttien pakkautuminen vaikutti lisäksi karheus- ja kiiltoarvoihin. Seospigmenttejä käyttäen saavutettiin hyvin sileitä pintoja, mutta päällysteestä saattoi muodostua jopa liian huokoinen, josta seurasi odotettua pienemmät painojäljen kiiltoarvot.

Sideainemäärän vaikutus päällysteiden kiiltoarvoihin oli selvä. Sideainemäärän kasvaessa päällysteen kiiltotaso laski, etenkin laboratoriopäällysteillä. Karheusmittaustulokset olivat myös samansuuntaisia. Kalanteroidut paperit poikkesivat osittain tästä trendistä. Sideainetyypin vaikutus ei sen sijaan ollut yhtä merkittävä eikä tämän koesarjan puitteissa löytynyt sellaista sideainetyyppeä, joka olisi antanut kaikilla päällysteillä ja kiilto- sekä karheusmittareilla parhaan tuloksen.

Painoväriin ominaisuuksien vaikutus kiiltoarvoihin oli hieman ristiriitainen. Sideaineosuuden nostaminen nosti kiiltoa tiettyyn rajaan saakka. Pigmentin partikkelikoolla oli lisäksi optimiarvo kiillon suhteen eli toisin sanoen pienimmällä partikkelikoolla ei vastoin odotuksia saavutetukaan suurinta kiiltoarvoa.

Laboratoriopäällysteiden kiiltojen avulla voitiin ennustaa kalanteroimattomien papereiden karheus- ja kiiltokäyttäytymistä, mutta kalanteroitujen papereiden kiiltoarvot poikkesivat huomattavasti edellisistä painojäljen osalta. Tämän koesarjan puitteissa voidaan vetää johtopäätös, että kalanteroitujen papereiden painojäljen kiiltoa ei voida nostaa alkuperäistä kiiltoa nostamalla.

Käytetyillä karheusmittausmenetelmillä ei voitu tarkasti selvittää, miten painoväri täyttää päällysteen pinnan karheusprofiilia, sillä yleisesti ottaen karheusmittarit eivät erottaneet painojäljissä painovärimäärän vaikutusta. Painoväri laski yleensä karheusarvoja, mutta painovärimäärän edelleen kasvaessa esiintyi karheusarvojen vaihtelua. Sen sijaan kiiltomäärittelyksissä painovärimäärän pinnan rakennetta muuttava ja kiiltoa kasvattava vaikutus erottui selvästi. Esimerkiksi goniofotometrillä määritettyjen peiliheijastusjakaumien muoto muuttui painovärimäärän kasvaessa.

Materiaalimuuttujien todellisen vaikutuksen selvittämiseksi painetun pinnan karheus- ja kiiltoarvoihin papereita olisi painettava myös tuotanto-olosuhteissa. Painovärin ja paperin päällysteen välistä vuorovaikutusta voitaisiin selvittää tutkimalla esimerkiksi pintaenergioita ja painovärin asettumiseen vaikuttavia tekijöitä.

VIIITEET

1. Aaltonen, P., Paperin ja raaka-aineen optiset ominaisuudet. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. Helsinki 1985. Julkaisu 47-85. 19 s.
2. Oittinen, P., Saarelma, H., Graafisen tekniikan perusteet, Otakustantamo 1988, 212 s.
3. Fortunato, M., Gloss: theory and measurement, American Ink Maker, 62(1984);9, s. 20, 22, 24, 40-41.
4. Oittinen, P., Surface reflection of coated papers and prints, 15th IARIGAI Conference, Lillehammer, Norway, 1979.
5. Hunter R., S., The Measurement of appearance. John Wiley & Sons. N.Y. 1975.
6. Kortüm, G., Reflectance Spectroscopy, Principles, Methods, Applications, Springer-Verlag Berlin . Heidelberg . New York 1969, 366 p.
7. Hansuebsai, A., Smoothness, American Ink Maker 66(1988);11, s. 28-34
8. Armanini, L., Shedding light on pearlescents, American Ink Maker 66(1988);12, s. 36-50.
9. Rudolph A., C., Radiation curable coating for the graphic arts enhanced by aqueous anchor coat. American Ink Maker 66(1988);9, s. 34-36, 40, 42, 44
10. Judd, D., B., Wyszecki, G., Color in Business, Science and Industry. John Wiley & Sons. N.Y. 1963.
11. Lee, I., Development of low glossing latexes: theories and concepts, TAPPI Annual Meeting 1986 Febr. 9-12, San Francisco. CA, s. 35-38.
12. Louman, H., Relation zwischen Oberflächenreflexion und Druckglätte, Wochenblatt für papierfabrication 16(1983);14, p. 496-500.
13. Saarelma, H., Oittinen, P., Graafinen materiaalitekniikka, Otakustantamo 1988, 220 s.
14. Karttunen, S., Structure and behaviour of a paper surface in printing. The fundamental properties of paper related to its uses. British Paper and Board Industry Federation. London. 1986. s. 544-559.
15. Gate, L., The gloss of coated paper, Echo (1988);11, s. 6-9.
16. Oittinen, P., The surface structure of coated paper and formation of gloss. 7th International Research Symposium. The Role of Fundamental Research in Papermaking. Cambridge 1981. Mech. Eng. Publ. Ltd., London 1983, vol 2, s. 635-654.
17. Oittinen, P., The Limits of gloss in prints. Paperi ja Puu 65(1983);11, s. 718-724.
18. Juhola, H., Väripainatuksen laadunmuodostus päällystetyllä pinnalla. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. HELSINKI 1982. Julkaisu 171-1982, 12 s.

19. Gyimesi, M., Richter, P., Lorincz, E., Derivation of surface macroroughness parameters of a random surface from an optical interferometric measurement. *Applied optics* 27(1988); 5, s. 983-986.
20. Elson, J.M., Rahn, J.P., Bennett, J.M., Relationship of the total integrated scattering from multilayer-coated optics to angle of incidence, polarization, correlation length, and roughness cross-correlation properties, *Applied Optics* 22(1983);20, s. 3207-3219.
21. Komulainen, P., Pintakäsitleyn ja viimeistelyn vaikutus paperin optisiin ominaisuuksiin. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. Helsinki 1985. Julkaisu 47-85. 30 s.
22. Marchetti, D., Cleland, A., Where the ink meets the page, *American Ink Maker* 67(1989);7, s. 36, 38, 40.
23. Beazley, K.M. , Bailey,D.F. , Coating pigments improve printability and gloss. *Paper Technology and Industry* 27(1986) ;4, s. 116-118.
24. *Pulp and Paper, Chemistry and Chemical Technology*. Third edition, volume IV. John Wiley & Sons. Brisbane, Toronto 1980.
25. Komulainen, P., Kiillon hallinta. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. Helsinki 1985. Julkaisu 47-85, s. 18 s.
26. Aschan, P-E., Erikoispigmentit, Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus, Helsinki 1982. Julkaisu 171-82, 14 s.
27. ECC:n uuden sukupolven pigmentit. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. Helsinki 1985. Julkaisu 178-85.
28. Lepoutre, New concepts change traditional ideas of coating process. *Paper Trade Journal*. Sept. 1987, s. 87-90.
29. Saramäki, H., Raaka-aineiden optinen karakterisointi. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus, Helsinki 1985. Julkaisu 47-85.
30. Dessauer, G., et al. Neue Erkenntnisse des Eindringverhaltens von Tiefdruck- und Rollenoffsetfarben mittels reaktiver Komplexe zu beeinflussen, *Das Papier* 41(1987);10A, s. V66-V69.
31. Dessauer et al, The influence of reactive complexes upon ink penetration and print opacity in rotogravure printing. *TAPPI Coating Conference* 1988, s. 255-258.
32. Eklund, D., Liukenevia sideaineita. Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. Helsinki 1982. Julkaisu 171-82. 8s.
33. Franklin , F. , Print gloss - What the eyes see. *Paper Focus* Dec. 1986, s. 23-24.
34. Lee, D.I., A fundamental study on coating gloss. *TAPPI Coating conference* 1982. May 23-26th, Detroit, MI. s.
35. Engström G., Ström, G., Norrdahl., P., Studies of the drying process and its effect on binder migration and offset mottle. *Tappi Journal* 70(1987)12, s.45-48.
36. Gane, P.A.C., Walters P., Pigment particle orientation. *Paperi ja Puu* 71(1989);5, s. 517-536.

37. Whalen-Shaw M., Fugitt G.P., Coating Structure. Part 2. The state of clay dispersion. Tappi Journal 72(1989);5, s. 99-103.
38. Gate, L., Windle, W., Hine, M., The relationship between gloss and surface microtexture of coatings. TAPPI 56(1973);3, s. 61-65.
39. Gane, P.,A.,C., A profilometric study of coating-base interactions. ECHO (1989);12. s. 16-19.
40. Kankaanpää , M., et al. Kalanterointi paperikoneella. SPIY:n oppi- ja käsikirja (toim. A. Arjas)1983, osa 2.
41. Merilahti, M., Offsetpainovärit. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. HELSINKI 1988. Julkaisu 81-88. 23 s.
42. Kurtz, W., Aspect of pigment processing. Influence of particle physics/auxiliaries on the properties of organic pigments, American Ink Maker 65(1987);6, s. 21-(12 s.)
43. Anon. Pigments - A primer. American Ink Maker 67(1989);6, s. 18, 20, 22.
44. Williams, C.H., The importance of pigment dispersions, INKLINGS, Coates Bulletin for printers (1983);1126, s. 1-4.
45. Verdakis, T.G., Pigment particle size and its effect on printing ink performance. American Ink Maker 62(1984);3, s. 24-25.
46. Leach, R.H., Armstrong, C., Brown, J.F., Mackenzie, M.J., Randall, L., Smith, G., The Printing Ink Manual, 4p, The Society of British Printing Ink Manufacturers. Lontoo 1988. 872 s.
47. Baumgart, D., et al., Improved pigments for modern printing inks, American Ink Maker 66(1988);10, s. 26, 28, 30, 32, 34,36, 38 , 42.
48. Brown, F., Pigment granules. American Ink Maker 64(1986);10, s. 28-(12 s.)
49. Horn, L., Vehicles for modern heat-set web inks. American Ink Maker 67(1989);1, s. 32-34.
50. Hsu, B., Roughness distribution in porous surfaces under stress. 7th IARIGAI Conference 1963 Proceedings, s. 227-247.
51. Oittinen, P., Painotuotteen optiset mittaukset, Insinöörijärjestöjen Koulutuskeskus. Helsinki 1988. Julkaisu 176-88. 12 s.
52. Graafinen materiaalitekniikka II. Luentomuistiinpanot 1986.
53. Ohta, S., Macro-smoothness and micro-smoothness of paper. Graphic Arts of Japan (1984);26, s. 32-35.
54. Billmeyer, F.W., O'Donnell, F.X.D., Visual gloss scaling and multidimensional scaling analysis of painted specimens. Colour Research and Application 12(1987); 6, s. 315-326.
55. Wilson, L.A., The affect of paper properties on print quality. TAPPI 1988 Coating Binders Seminar, New Orleans, May 12-13, s. 12-13.
56. KCL:n julkaisematon tutkimusraportti.

58. Laininen, P., Todennäköisyys- ja tilastomatematiikkaa. Otakustantamo. Espoo 1986.

LIITE 1.

Pohjapaperin paperitekniset ominaisuudet:

	Neliömassa g/m ²	Tiheys kg/m ³	Karheus Bendtsen ml/min
Yläpuoli	79,3-81,2	1019-1059	84-120
Alapuoli			68-120
	Kiilto, Hunter %	Vaaleus %	Opasiteetti %
Yläpuoli	12-15,1	85,1-85,9	88,5-89
Alapuoli	11,9-15,7	85,1-85,6	
	Y-arvo %	Valon sironta- kerroin	Valon abs.kerroin
Yläpuoli	87,3-87,5	47,5-49,6	0,44-0,46
Alapuoli			
	Taber Wet rub	PPS S10 µm	Bendtsen ilmanläp. ml/min
Yläpuoli	4-7	3,55-4,34	4-7
Alapuoli		3,5-4,27	

Pohjapapereista määritetyt arvot vaihtelivat edellämainituissa rajoissa. Määritykset on tehty kutakin koepistettä kohti.

Papereista tehtyjä määrittelyjä

Kalanterioimattomat		päälysteet									
Pasta	Neliömassa	Pääl. määrä	Kosteus	Tiheys	Ilmanläp.	Opasiteetti	Vaaleus	Y-arvo	557	Valon	Taber
	g/m	g/m	%	kg/m	ml/min	%	%	%	absorptiok.	sirontak.	wet-rub
HC 60	89.6	9.9	5.8	1117	4.0	90.5	87	88.3	50.70	0.39	6
HC 90	91.0	9.9	6.1	1128	5.0	91.1	86.6	88.2	51.60	0.41	7
Setacarb	90.0	10.2	6.4	1128	3.0	90.8	86.8	88.2	51.00	0.40	10
SPS	88.5	10.6	6.2	1102	4.0	91.4	82.9	86.4	50.20	0.54	45
Nuclay	90.2	11	5.9	1113	4.0	91.5	82.3	86.4	49.50	0.53	33
HT	89.9	11.3	5.9	1104	5.0	91.4	81.6	86.4	50.30	0.54	48
Alphagloss	90.3	11.1	6.1	1102	5.0	91.4	83.2	86.7	49.90	0.51	93
Talkki	93.0	12.2	7.5	1134	4.0	91.4	83.4	85.1	45.20	0.59	3
Kipsi	92.2	12.1	6.2	1138	4.0	90.7	86.9	88.3	49.80	0.39	3
10	88.6	10.4	6.2	1099	3.0	91.0	82.6	86.2	48.60	0.54	15
11	91.2	10.9	6.3	1099	5.0	91.9	83.2	86.5	50.70	0.63	8
12	91.8	10.1	6.3	1115	4.0	91.9	83.1	86.5	50.30	0.53	4
13	89.7	10.7	6	1092	4.0	90.9	83.1	86.4	48.00	0.52	4
14	88.8	11.5	6.1	1109	4.0	91.2	82.7	86.3	49.30	0.54	65
15	89.9	11.4	6.2	1090	4.0	90.7	82	85.8	45.90	0.54	18
Kalanteroidut		päälysteet									
Pasta	Neliömassa	Pääl. määrä	Kosteus	Tiheys	Ilmanläp.	Opasiteetti	Vaaleus	Y-arvo	Valon	Valon	Taber
	g/m2	g/m2	%	kg/m3	ml/min	%	%	%	sirontak.	absorptiok.	wet-rub
HC 60	91.0	9.9	5.8	1007	3.0	89.7	89.7	87.5	45.60	0.41	2
HC 90	90.0	9.9	6.1	998	3.0	89.9	86.1	87.5	46.70	0.42	4
Setacarb	90.9	10.2	6.4	1283	3.0	89.5	85.7	87	44.10	0.43	1
SPS	89.6	10.6	6.2	1273	3.0	90.0	80.9	84.5	41.20	0.59	4
Nuclay	90.3	11.0	5.9	1012	4.0	90.1	81.7	85.1	41.40	0.62	10
HT	89.8	11.3	5.9	1011	3.0	90.4	79.7	84.1	42.20	0.64	5
Alphagloss	91.4	11.1	6.1	1262	2.0	93.8	78.8	84	54.10	0.78	33
Talkki	92.0	12.2	7.5	1038	2.0	89.3	80.9	82.6	36.60	0.67	1
Kipsi	92.7	12.1	6.2	1023	4.0	89.4	85.1	86.7	42.70	0.67	1
10	89.1	10.4	6.2	1251	3.0	89.6	80.9	84.5	41.80	0.60	4
11	89.9	10.9	6.3	1270	3.0	90.4	80.9	84.5	41.20	0.59	2
12	91.7	10.1	6.3	1041	3.0	90.4	82.0	85.6	43.90	0.57	1
13	89.2	10.7	6.0	997	3.0	89.7	81.3	84.8	42.50	0.58	1
14	90.3	11.5	6.1	1279	3.0	89.8	81.7	85.1	42.30	0.55	33
15	90.1	11.4	6.2	1256	2.0	89.5	80.7	84.6	41.20	0.58	33

Muuttujien välillä katsotaan olevan käytännön kannalta huomioon otettava lineaarinen regressio tai korrelaatio, vasta kun $|z_t| > t_{1-\alpha/2}(n-2)$. Korrelaatiokertoimen tilastollinen merkitsevyys riippuu voimakkaasti havaintoparien (x_i, y_i) lukumäärästä n .

$$z_t \text{ saadaan kaavasta } z_t = \frac{\sqrt{n-2} \cdot r}{1-r^2}$$

jossa r on korrelaatiokerroin ja r^2 on selitysaste.

Tässä tapauksessa $t_{0.975}(7) = 2,365$

$z_t > 2,365 \Rightarrow$ korrelaatiokerroin, joka on yli 0.67 on merkitsevä.

LABORATORIOPÄÄLLYSTEET

Pasta	Fp	Hunter	Goniof.	D
1. HC 60	0	6.3	10.8	0
	0.70	19.7	10.9	0.99
	0.97	29.4	14.3	1.21
	1.19	34.8	16.6	1.32
	1.40	41.7	19.5	1.43
2. HC 90	0	19.0	10.9	0
	0.46	43.9	15.2	0.94
	0.78	59.6	27.9	0.78
	1.02	68.2	36.0	1.53
	1.20	72.6	39.3	1.64
3. Setacarb	0	39.1	19.9	0
	0.57	84.1	58.5	1.23
	0.90	87.6	59.3	1.58
	1.04	88.7	59.9	1.75
	1.25	89.3	59.6	1.88
4. SPS	0	26.1	14.5	0
	0.57	56.9	28.4	1.0
	0.86	63.6	33.8	1.44
	0.98	71.2	37.2	1.63
	1.15	73.4	38.3	1.77
5. Nuclay	0	44.4	21.1	0
	0.48	74.4	39.0	1.03
	0.87	81.8	45.3	1.59
	1.03	84.7	48.5	1.81
	1.15	84.4	49.0	1.91
6. HT	0	28.4	14.6	0
	0.62	58.0	28.2	1.18
	0.84	64.5	33.6	1.52
	1.05	65.7	34.5	1.63
	1.17	69.1	36.8	1.73
7. Alphagloss	0	59.2	34.2	0
	0.52	87.7	61.4	1.11
	0.73	87.4	62.9	1.47
	0.90	88.7	63.1	1.71
	1.11	87.7	59.6	1.82

8. Talkki	0	20.4	15.7	0
	0.56	39.4	23.7	1.09
	0.85	47.0	27.3	1.41
	1.12	51.3	28.7	1.61
	1.32	55.3	30.4	1.75
9. Kipsi	0	16.6	11.9	0
	0.60	44.7	20.2	1.13
	0.88	57.0	26.8	1.44
	1.07	62.5	29.8	1.60
	1.25	63.4	30.0	1.69
10.	0	23.5		0
	0.53	54.4	24.8	1.12
	0.79	62.4	30.6	1.42
	0.96	64.9	32.1	1.59
	1.11	67.3	34.6	1.72
11.	0	27.4	16.4	0
	0.69	62.8	32.8	1.23
	0.87	69.6	35.8	1.48
	1.07	76.4	41.1	1.70
	1.21	73.9	40.5	1.78
12.	0	24.5	14.6	0
	0.66	60.5	31.2	1.26
	0.88	64.9	33.4	1.50
	1.03	73.2	38.8	1.71
	1.12	71.2	37.2	1.75
13.	0	22.6	13.8	0
	0.65	56.8	37.2	1.27
	0.91	67.2	34.8	1.58
	1.09	72.6	35.6	1.90
	1.20	75.2	37.6	1.90
14.	0	28.0	13.9	0
	0.69	78.2	41.5	1.53
	1.00	79.2	45.8	1.82
	1.12	83.6	47.1	1.96
	1.17	74.5	38.3	1.83
15.	0	28.3	12.6	0
	0.69	71.8	43.1	1.45
	0.99	79.6	46.8	1.81
	1.22	83.7	49.7	2.05
	1.44	85.6	52.9	2.15

KALANTEROITU PAPERI

Pasta	Fp	Hunter	Goniof.	D
1. HC 60	0	33.4	15.2	0
	0.68	62.7	30.0	1.14
	0.91	68.9	33.6	1.41
	1.13	67.7	35.1	1.59
	1.22	73.2	36.7	1.65
2. HC 90	0	50.1	24.0	0
	0.63	80.1	41.1	1.25
	0.83	82.1	41.3	1.58
	1.02	82.9	41.9	1.74
	1.26	83.9	42.6	1.85
3. Setacarb	0	59.4	33.4	0
	0.44	76.3	37.5	1.0
	0.79	75.9	38.2	1.49
	0.95	76.5	40.1	1.65
	1.19	74.8	41.2	1.84
4. SPS	0	65.5	39.6	0
	0.57	92.1	50.6	1.22
	0.84	91.4	52.0	1.67
	1.00	93.6	54.3	1.90
	1.11	91.8	53.1	1.92
5. Nuclay	0	75.1	44.8	0
	0.52	93.0	53.2	1.17
	0.74	91.5	52.7	1.52
	0.90	92.7	53.7	1.73
	1.05	91.1	52.6	1.87
6. HT	0	75.0	42.5	0
	0.47	87.4	47.2	1.14
	0.69	86.2	46.5	1.41
	0.90	84.1	47.1	0.90
	1.12	87.6	49.4	1.89
7. Alphagloss	0	77.8	48.8	0
	0.40	86.2	43.1	0.90
	0.64	85.5	46.9	1.36
	0.84	84.2	44.1	1.54
	0.98	83.4	45.5	1.66

8. Talkki	0	65.9	36.9	0
	0.54	84.0	46.2	1.25
	0.81	82.4	46.3	1.61
	1.02	84.8	48.8	1.84
	1.16	88.1	50.6	1.96
9. Kipsi	0	54.4	31.5	0
	0.58	76.0	50.5	1.26
	0.80	74.7	45.0	1.54
	0.90	75.5	43.6	1.65
	1.02	73.9	43.3	1.74
10.	0	56.7	32.8	0
	0.57	83.6	51.4	1.27
	0.84	87.4	51.5	1.66
	1.00	86.8	51.3	1.84
	1.10	87.0	51.5	1.94
11.	0	60.2	34.3	0
	0.46	84.9	48.2	1.03
	0.65	84.7	46.1	1.31
	0.90	86.2	48.6	1.60
	1.04	-	-	1.78
12.	0	56.3	31.7	0
	0.52	85.3	48.1	1.17
	0.81	87.7	56.9	1.54
	0.90	91.1	56.6	1.76
	1.03	90.7	54.1	1.89
13.	0	50.9	25.7	0
	0.52	77.1	43.4	1.16
	0.73	80.8	44.1	1.48
	0.89	80.5	44.5	1.69
	1.02	82.2	45.7	1.86
14.	0	59.6	33.4	0
	0.59	89.3	53.1	1.30
	0.90	91.5	52.7	1.77
	1.07	93.5	54.6	1.97
	1.21	91.1	54.3	2.10
15.	0	51.7	24.8	0
	0.62	78.8	43.8	1.32
	0.88	79.7	45.7	1.74
	1.10	80.5	45.4	1.94
	1.27	80.4	46.5	2.08

KALANTEROIMATTOMAT PAPERIT

Pasta	Fp	Hunter	Goniof.	D
1. HC 60	0	7.2	10.4	0
	0.74	21.4	8.3	1.08
	0.98	26.6	13.0	1.25
	1.14	31.8	15.2	1.36
	1.50	39.4	26.2	1.51
2. HC 90	0	17.3	10.9	0
	0.74	45.9	22.2	1.23
	0.99	51.3	22.9	1.43
	1.10	52.8	23.9	1.57
	1.27	54.1	25.2	1.66
3. Setacarb	0	26.2	12.0	0
	0.74	54.1	24.8	1.28
	0.93	55.8	25.3	1.52
	1.03	54.4	25.6	1.61
	1.21	55.8	26.5	1.72
4. SPS	0	26.0	14.6	0
	0.69	43.8	22.6	1.23
	0.89	46.3	23.9	1.46
	0.98	47.6	24.0	1.57
	1.18	50.8	25.3	1.73
5. Nuclay	0	36.3	16.2	0
	0.54	52.3	24.5	1.12
	0.71	54.8	29.3	1.42
	0.94	55.8	30.5	1.60
	1.12	59.3	31.0	1.77
6. HT	0	28.1	13.7	0
	0.59	48.9	24.5	1.26
	0.76	52.8	26.3	1.52
	0.86	54.9	26.5	1.64
	1.17	53.7	26.6	1.71
7. Alphagloss	0	44.3	18.6	0
	0.59	61.4	29.2	1.19
	0.76	61.1	29.1	1.46
	0.86	58.3	28.0	1.52
	1.17	63.3	31.8	1.66

8. Talkki	0	20.5	14.7	0
	0.73	35.4	16.9	1.17
	0.94	40.2	19.0	1.39
	1.20	43.5	21.5	1.59
	1.40	45.1	22.9	1.68
9. Kipsi	0	15.6	11.4	0
	0.68	37.0	16.5	1.21
	0.90	40.6	17.4	1.43
	1.11	42.9	19.9	1.59
	1.26	45.6	21.3	1.69
10.	0	19.3	13.8	0
	0.54	38.3	19.2	1.08
	0.71	45.5	22.2	1.47
	0.94	48.7	23.8	1.63
	1.12	52.2	25.9	1.71
11.	0	18.8	13.2	0
	0.57	37.5	18.4	1.10
	0.87	44.1	21.4	1.40
	1.16	49.2	23.8	1.62
	1.30	50.9	24.8	1.75
12.	0	18.1	13.0	0
	0.57	38.0	22.5	1.10
	0.85	45.6	25.6	1.45
	1.10	49.0	26.8	1.63
	1.28	51.8	27.3	1.75
13.	0	17.0	12.8	0
	0.60	36.7	19.5	1.13
	0.86	42.4	22.0	1.42
	1.03	46.3	23.4	1.63
	1.21	48.1	24.2	1.70
14.	0	21.5	13.5	0
	0.60	43.5	21.8	1.20
	0.86	49.3	24.8	1.53
	1.03	52.8	26.6	1.71
	1.21	54.9	27.7	1.84
15.	0	18.2	13.2	0
	0.52	35.0	17.7	1.07
	0.88	44.5	22.3	1.51
	1.10	45.2	22.6	1.66
	1.32	49.1	24.1	1.84

Fp 1.0 g/m

Pigmentti	Hunter			Goniofotometri		
	muovi	k:maton	ktu	muovi	k:maton	ktu
HC 60	29.7	28.4	69.3	14.5	13.7	34.4
HC 90	67.4	51.3	82.2	33.4	23.5	42.8
Setacarb	88.5	55.6	76.2	59.9	25.5	40.2
SPS	70.1	50.5	93.0	36.6	24.0	53.4
Nuclay	84.4	56.3	91.1	47.8	30.7	52.9
HT	66.6	54.6	85.1	34.7	26.9	47.7
Alphagloss	87.7	59.3	83.0	61.5	28.9	45.8
Talkki	49.8	41.1	84.4	28.2	19.7	48.3
Kipsi	59.3	41.0	84.0	28.6	18.5	48.0

Fp 1.0 g/m

Päällyste nro	Hunter			Goniofotometri		
	muovi	k:maton	ktu	muovi	k:maton	ktu
4.	70.1	50.5	93.0	36.6	24.0	53.4
10.	66.1	50.3	87.5	33.0	24.6	51.8
11.	74.2	46.6	87.4	39.0	22.5	51.3
12.	69.7	48.0	90.8	36.5	26.5	54.9
13.	70.1	45.4	81.8	35.6	23.1	45.5
14.	79.0	52.1	91.6	45.3	26.2	53.5
15.	79.9	45.3	80.2	46.9	22.7	45.7
k16	70.2	49.6	89.6	35.2	26.2	55.8
k23	68.6	56.5	74.7	36.6	29.8	49.2
k29	75.1	56.2	90.5	38.8	27.9	51.9

k16 = HC 90+SPS

k23 = Satinwhite+SPS

k29 = Alphetex+SPS

Karheusmäärittysten väliset korrelaatiot painamattomalla pinnalla. Määrittelyssä käytetty lineaarista sovitusta.

* PPS 10	vs	Bendtsen	1. 0.78
			2. 0.89
			3. 0.03
* PPS	vs	KarheusV	1. 0.87
			3. 0.20
* PPS	vs	Rms-karheus	1. 0.60
			3. 0.52
* PPS	vs	Kuva-anal.	3. 0.46
* PPS	vs	Prof.karh.	3. 0.61
* Bendtsen	vs	Karh.V	1. 0.22
			3. 0.44
* Bendtsen	vs	Prof.karh.	3. 0.11
* Bendtsen	vs	Rms-karheus	1. 0.24
			3. 0.60
* Bendtsen	vs	Kuva-anal.	3. 0.13
* Rms-karheus	vs	Karh.V	1. 0.85
			3. 0.27
* Rms-karheus	vs	Prof.k.	3. 0.09
* Rms-karheus	vs	Kuva-an.	3. 0.17
* Karheustil.	vs	Kuva-an.	3. 0.71
* Karheustil.	vs	prof.k.	3. 0.17
* Kuva-anal.	vs	prof.k.	3. 0.23

1 = laboratoriopäällyste

SPS-kaoliinipäälysteellä:

		0.6	Fp 0.8	1.0	1.2	1.4
1.	D	1.0	1.15	1.3	1.45	1.58
	Hunter	74.4	79.4	82.0	82.3	80.2
	Goniof.	44.7	43.9	45.7	50.2	51.2
2.	D	1.11	1.39	1.63	1.84	2.04
	Hunter	91.2	92.8	93.8	94.1	93.7
	Goniof.	52.1	54.7	56.2	56.6	55.8
3.	D	1.1	1.4	1.68	1.94	2.18
	Hunter	92	92.1	92.2	93	93.6
	Goniof.	52.6	53.4	54.8	56.7	59.2
4.	D	1.0	1.25	1.57	1.98	2.06
	Hunter	77.9	78.8	78.6	77.3	74.9
	Goniof.	40.0	41.8	52	53.0	53.4
5.	D	1.15	1.5	1.78	2.0	2.14
	Hunter	87.1	91.1	93.9	95.6	96.2
	Goniof.	49.4	53.1	55.9	57.6	58.4
6.	D	1.26	1.38	1.62	1.82	1.98
	Hunter	86.3	88.6	90.2	91.0	91.0
	Goniof.	51.7	53.0	54.1	55.2	56.2

Valupäällysteellä:

Väri		0.6	Fp 0.8	1.0	1.2	1.4

1.	D	1.17	1.39	1.62	1.86	2.12
	Hunter	94.7	95.9	96.9	97.8	98.6
	Goniof.	77.1	77.2	77.7	78.4	79.4
2.	D	1.17	1.49	1.78	2.04	2.26
	Hunter	96.9	98.6	99.7	100.3	100.5
	Goniof.	79.0	76.8	78.7	78.8	79.2
3.	D	1.17	1.54	1.87	2.15	2.39
	Hunter	95.3	97.2	98.7	100	100.5
	Goniof.	75.6	75.7	76.1	76.8	77.8
4.	D	1.82	1.96	2.22	2.43	2.59
	Hunter	96.9	100	101	101.7	101.9
	Goniof.	75.8	76.4	76.6	76.7	76.8
5.	D	1.1	1.86	2.14	2.36	2.51
	Hunter	97.1	100.7	101.6	101.7	101.3
	Goniof.	78.8	79.8	80.2	80.4	80.5
6.	D	1.15	1.49	1.78	2.01	2.2
	Hunter	94.3	96.1	97.3	98.1	98.5
	Goniof.	75.8	76.8	77.7	78.4	78.9

LIITE 8.

Pintaheijastusindikaatriksien puolikasleveydet maksimiheijastuksen puolivälistä asteissa mitattuna

Kalanteroidut

Pasta	B1	B2	B3	B4
HC 60	15,5	16	15,5	15
HC 90	14	14	14	14
Setacarb	16,9	16,8	16,3	16,3
SPS	11	11	11,5	11,5
Nuclay	12,5	12,5	12,5	12
HT	13,5	13,5	13,5	13,3
Alphagloss	12,5	13,5	15,8	16
Talkki	13,5	13	13	13
Kipsi	15	15,8	15,5	15,5
10	15	14	13,5	13,5
11	14,5	14,8	14	14
12	12,8	12,3	12,3	10,5
13	14,5	14,3	14,3	14
14	11,3	11,3	10,5	10,5
15	13	13	13	13,5

Kalanteroimattomat

35,5	31,5	30,5	22
24	23	22,8	21
21	21	20,5	20,5
25	24,5	24	22
22,5	22,5	21,5	20
22,5	21,5	21,5	21,5
20	20	19,5	18,5
27,5	25,3	24	24
28,1	27	26	26
25	23	22	20,5
26,8	23,8	22,5	22
27	24	23	21,8
26	24,3	23,5	22,5
24	22	20,8	20,3
26	22	22	20,8

Laboratoriopäällysteet

Pasta	B1,m	B2,m	B3,m	B4,m
HC 60	32,5	28	26,3	20,5
HC 90	24,3	19	16	15
Setacarb	6,5	10	10	10
SPS	18	17,5	16	16
Nuclay	15	14,5	13,8	13,5
HT	20	17,8	17,5	17
Alphagloss	13	13,5	13,8	13,5
Talkki	27,5	24,3	23	21,5
Kipsi	22,5	20	18,3	18,3
10	20	18	18	17,5
11	15,8	15,5	13,5	12,8
12	17	16	14,8	14
13	19	16,5	15,5	10,5
14	15	11	12	12,5
15	12	10,75	9,5	9,5

Painoalustan karheuksien korrelaatiot painamattoman pinnan kiiltojen kanssa sekä painojäljestä mitattujen karheusarvojen korrelaatiot painojäljen kiiltoarvojen kanssa.
Korrelaatiokertoimet on määritetty logaritmisesta sovituksesta.

		Hp	Gp	H	G
PPS 10	1.	0.91	0.78	0.90	0.91
	2.	0.70	0.62		
	3.	0.38	0.39	0.78	0.86
Bendtsen	1.	0.61	0.43	0.74	0.71
	2.	0.59	0.62		
	3.	0.30	0.29	0.08	0.20
Rms	1.	0.67	0.36	0.65	0.79
	3.	0.16	0.24	0.20	0.35
Karh.til.1.	1.	0.87	0.65		
	3.	0.70	0.92		
Prof.k.	3.	0.29	0.26		
Kuva-an.	3.	0.63	0.67		
Prof.j.	1.	0.77	0.59	0.81	0.84
	3.	0.57	0.55	0.17	0.12

Painoalustan karheuden ja painojäljen kiillon väliset korrelaatiot

Korrelaatiot on määritetty logaritmisella sovituksella.

		Goniof.	Hunter
* PPS 10	1.	0.93	0.84
	3.	0.17	0.20
* Bendtsen	1.	0.74	0.64
	3.	0.59	0.64
* Karheustil.	1.	0.91	0.89
	3.	0.74	0.65
* Profiilik.	3.	0.19	0.10
* Kuva-anal.k.	3.	0.41	0.33
* Rms-karheus	1.	0.79	0.82
	3.	0.38	0.38
* Prof.jyrk.	1.	0.84	0.86
	3.	0.32	0.23

1 = laboratoriopäällysteet
2 = kalanteroimattomat päällysteet
3 = kalanteroidut päällysteet

Painojäljen karheusarvojen keskinäiset korrelaatiot lineearisella sovituksella. Tilastollisesti merkitsevä korrelaatiokerroin >0.67.

* PPS 10	vs	Bendtsen	1. 0.78
			2. 0.89
			3. 0.03
* PPS	vs	KarheusV	1. 0.87
			3. 0.20
* PPS	vs	Rms-karheus	1. 0.60
			3. 0.52

P 5 x 11

X = I
⊗ = II
○ = III
● = IV

Nuclay
Kalanteroitu

Esimerkkejä
heijastusindika-
torikseista

0
18
46
44
42
38
36
34
32
30
28
26
24
22
18
16
14
12
8
6
4
2

$\Delta\beta_1 = 2.4$
 $\Delta\beta_2 = 2.5$
 $\Delta\beta_3 = 2.5$

50.

/ A3 2

H4 60

Kalanteroimaton

x = $\frac{I}{I_1}$

● = $\frac{II}{I_1}$

○ = $\frac{III}{I_1}$

● = $\frac{IV}{I_1}$

8

6

4

2

0

8

6

4

2

0

8

6

4

2

0

8

6

4

2

0

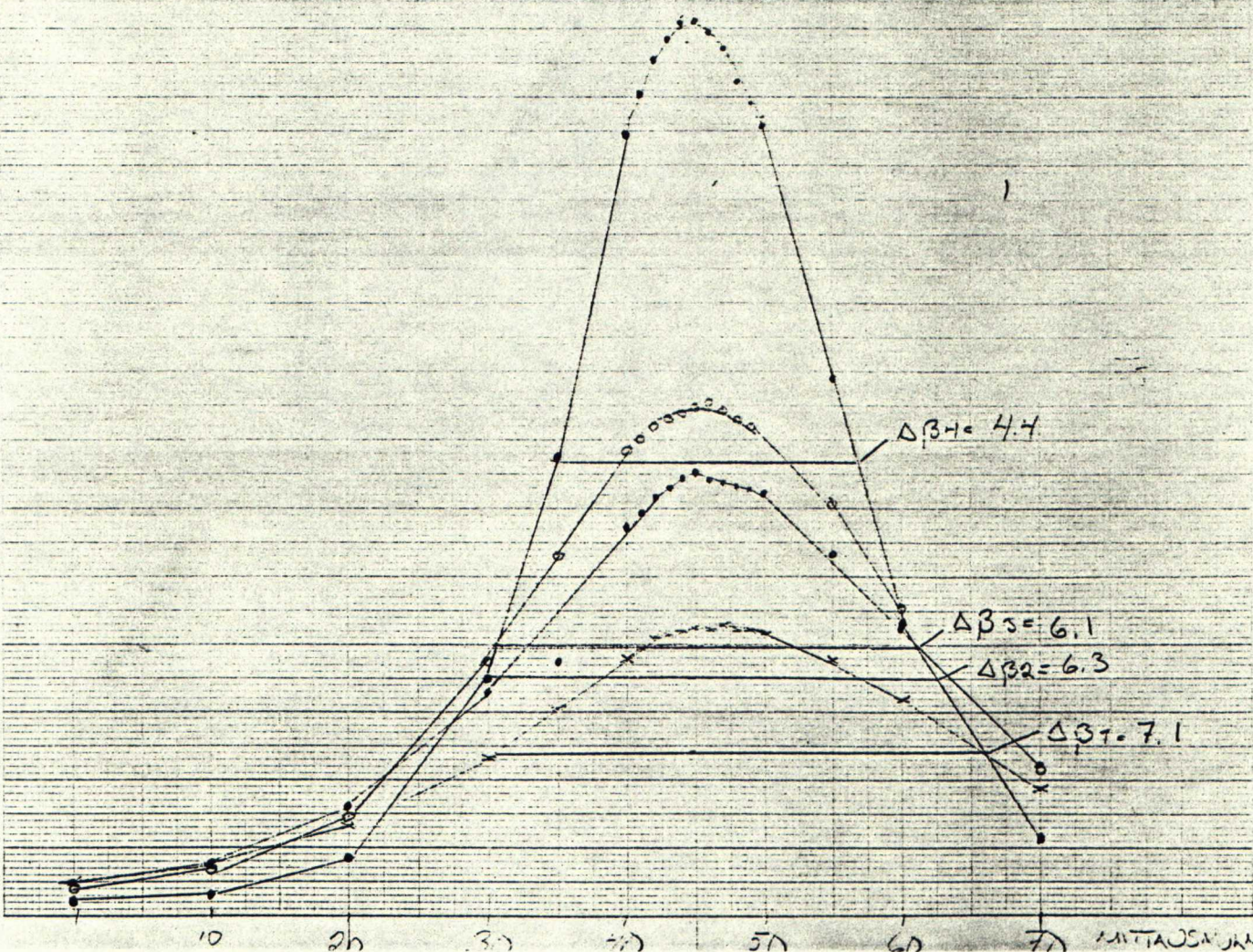
8

6

4

2

0



MITTAUSNAHME